PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 20. 15. Oktober 1907. Redaktionsschluß für No. 21 am 14. Oktober 1907. 8. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:

H. Ambronn, Über den Pleochroismus in Metallspiegeln. S. 665.

Chr. Ries, Selbsttätiger Unterbrecher. S. 668.

R. Rüdenberg, Eine Methode zur Erzeugung von Wechselströmen beliebiger Periodenzahl. S. 668.

V. Conrad, Ein transportabler Tropfenkollektor zur Messung des luftelektrischen Potentialgefälles. S. 672.

E. Goldstein, Über zweifache Linienspektra chemischer Elemente. S. 674.

C. Fredenhagen, Über reine Temperaturstrahlung. S. 679.

F. G. Wick, Spektrophotometrische Untersuchungen über das Absorptionsvermögen und die Fluoreszenz des Resorufins. S. 681.

F. G. Wick, Fluoreszenzabsorption im Resorufin. S. 692.

K. Schreber, Bestimmung von g mit der Fallmaschinenwage. S. 699.

W. v. Uljanin, Eine einfache Form des Lochunterbrechers. S. 699.

G. Melander, Neue Versuche über die Erregung statischer elektrischer Ladungen bei Reibung. S. 700.

Vorträge von der Schweizerischen Naturforscherversammlung zu Freiburg:

A. Gockel, Über die in der Atmosphäre enthaltene radioaktive Materie. S. 701.

C. E. Guye u. L. Zébrikoff, Über die Potentialdifferenz des Gleichstromlichtbogens zwischen Metallelektroden. S. 703.

B. Brunhes u. P. David, Über einen „atmenden Brunnen" am Gipfel des Puy de Dôme. S. 704.

Personalien. S. 705.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1907/08. S. 705.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über den Pleochroismus in Metallspiegeln.

Von H. Ambronn.

Die ersten Beobachtungen über Pleochroismus in Metallspiegeln rühren von Kundt[1]) her. Er hatte durch Abstäubung von Metallelektroden über Glasplatten kreisförmige Spiegel hergestellt, die bei Untersuchung zwischen gekreuzten Nicols ein dunkles Interferenzkreuz und vier helle Quadranten zeigten. Bei Beobachtung mit nur einem Nicol ergab sich ferner, daß zugleich eine starke Verschiedenheit in der Absorption des durchgehenden Lichtes bestand. Kundt glaubte diese merkwürdige Erscheinung in folgender Weise erklären zu können: „Da die Entladungen diskontinuierlich sind, so ist jedenfalls anzunehmen, daß jedes fortgeschleuderte Molekül mit Elektrizität geladen ist. Ist die Anordnung der Elektrizität auf dem Molekül infolge der Gestalt desselben oder aus irgendeinem anderen Grunde nicht eine allseitig gleiche, so wird durch die Elektrizität der Kathode jedes Molekül während seiner Bewegung gerichtet werden, und alle Moleküle werden auf der Glasplatte in einer bestimmten Weise orientiert sich absetzen." Er nimmt also eine Orientierung der Teilchen an, die an sich schon eine Ungleichwertigkeit der Richtungen besitzen. Ich habe später bei Färbungen von Pflanzen- und Tierfasern, die in geeigneter Weise mit Metallsalzen behandelt waren, ebenfalls einen sehr starken Pleochroismus nachweisen können.[2]) Die gleichsinnige Orientierung der Metallteilchen innerhalb der Fasern würde sich in diesem Falle durch die Anisotropie der Membranen erklären lassen. Es käme somit in beiden Fällen zur Ausbildung eines Gesamtsystems der Teilchen, das optisch anisotrop und zugleich pleochroitisch ist. Ich hatte außerdem darauf hingewiesen, daß man wohl auch die Anordnung der Metallteilchen innerhalb der Fasern, die jedenfalls ein anisotropes Gitter darstelle, zur Erklärung heranziehen könne, da bei derartigen Gittern sicher gewisse Differenzen in der Absorption zu beobachten sein müßten. Die Möglichkeit, den Pleochroismus auf eine solche Gitterwirkung zurückzuführen, schien mir aber gerade bei den Fasern nicht auszureichen, um die Erscheinung zu erklären, denn die Fasern lassen sich sowohl mit Metallen wie auch mit anderen Farbstoffen sehr intensiv und gleichmäßig färben, ohne daß ein merkbarer Pleochroismus dabei zu beobachten ist. Nur bei ganz bestimmten Methoden der Färbung tritt der starke Pleochroismus auf. Die Annahme, daß die einzelnen Teilchen an sich schon anisotrop seien, schien mir deshalb geeigneter für die Erklärung zu sein.

Es lag dabei die weitere Annahme nahe, daß die eingelagerten Metalle nicht die gewöhnliche reguläre Modifikation, sondern eine andere, anisotrope, Form darstellten. Einige Versuche, die ich in Gemeinschaft mit R. Zsigmondy anstellte, zeigten, daß man ebenfalls starken Pleochroismus erhält, wenn man Gelatine mit kolloidalen Lösungen von Silber oder

1) Kundt, Über Doppelbrechung des Lichtes in Metallspiegeln. Wied. Ann. **27**, 59—71, 1886.

2) H. Ambronn, Über Pleochroismus pflanzlicher und tierischer Fasern, die mit Silber- und Goldsalzen gefärbt sind. Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. **48**, 613—628, 1896.

Gold innig vermischt und sie nach dem Austrocknen und Wiederaufquellen durch Zug oder Druck beträchtlich deformiert.[1]) Auch hierbei würde jedenfalls eine annähernd gleichsinnige Orientierung der submikroskopischen an sich schon anisotropen Metallteilchen eintreten.

Später hat dann F. Braun[2]) durch Zerstäubung von Metalldrähten, die über Glasplatten ausgespannt waren, Metallspiegel hergestellt, die ebenfalls eine deutliche Verschiedenheit der Absorption in verschiedenen Richtungen zeigten. Er glaubte nun, diese Wirkung sicher auf die Entstehung eines Gitters mit sehr kleiner Gitterkonstante zurückführen und das Verhalten der von ihm gleichfalls untersuchten gefärbten Fasern in derselben Weise deuten zu können. Er spricht sich im wesentlichen dahin aus, daß in diesen metallischen Niederschlägen oder Einlagerungen ein optisches Analogon zu den von Hertz beobachteten Erscheinungen an Drahtgittern im Gebiete elektrischer Wellen zu sehen sei. Die Untersuchungen, die er im reflektierten Lichte anstellte, gaben ihm eine weitere Bestätigung für seine Erklärung.

Noch eine andere Deutung der von Kundt beobachteten Erscheinungen versuchte F. Kaempf[3]) zu geben; er hat Metallspiegel auf Glas, die ebenfalls durch Zerstäubung gewonnen waren, einer einseitigen Spannung unterworfen und dabei Doppelbrechung nachweisen können. Er kommt deshalb zu dem Schlusse, daß Metalle durch Spannungen doppelbrechend werden, und daß die Erscheinungen bei den Kundtschen Spiegeln auf eine Deformation der abgestäubten Teilchen beim Aufprallen auf die Glasfläche zurückgeführt werden können.

Mir selbst war es inzwischen gelungen, aus sehr dünnen Schichten von Silbernitrat stark pleochroitische Kriställchen zu erhalten, die höchstwahrscheinlich eine labile Modifikation des Silbers darstellten.[4]) Ich glaubte darin eine Bestätigung der schon früher von mir ausgesprochenen Vermutung erblicken zu dürfen, daß die in den Micellarinterstitien der Membranen entstehenden Metallteilchen ebenfalls an sich schon anisotrope Eigenschaften besitzen und daß die Gesamtwirkung der eingelagerten Metalle auf eine gleichsinnige Orientierung der einzelnen Teilchen zurückzuführen sei.

Es lag nun die Frage nahe, ob auch Metallspiegel, die nach ihrer Herstellung noch keine optische Anisotropie erkennen lassen, durch Spannung pleochroitisch werden. Kaempf erwähnt nichts davon, daß sich bei seinen Versuchen eine Verschiedenheit in der Absorption ergeben habe. Bei Silberspiegeln auf Glas, die auf chemischem Wege niedergeschlagen waren, konnte ich keine Spur von Pleochroismus nachweisen, wenn sie einseitigem Zug oder Druck ausgesetzt wurden. Die dabei entstehenden Deformationen sind bei den elastischen Eigenschaften des Glases außerordentlich gering; wenn der Pleochroismus auf eine Orientierung der Teilchen zurückzuführen wäre, so würde wohl auch die geringe Veränderung in der Lage der Teilchen bei so schwacher Deformation kaum eine merkbare Differenz in der Absorption hervorrufen können.

Um nun zu prüfen, ob bei stärkeren Deformationen nicht doch auch Pleochroismus auftrete, habe ich zunächst Silberspiegel auf Zelluloid benutzt und dünne Streifen aus solchen Films einer starken Dehnung unterworfen. Auch Kaempf hatte bereits versucht, Silberspiegel auf Zelluloid zu verwenden. Er sagt aber, „daß sie sich beim Zug sehr unregelmäßig verhielten, indem sie eine lange andauernde, noch dazu an verschiedenen Stellen verschiedene Doppelbrechung verbunden mit starker Dispersion annahmen, die erst nach einigen Stunden bis Tagen, je nach dem angewandten Zug, allmählich wieder verschwand." Er hat deshalb diese Versuche nicht weiter verfolgt. Da man Zelluloidstreifen, wie ich aus früheren Versuchen wußte[1]), durch langandauernde gleichmäßige Dehnung sehr stark deformieren kann, so erschienen mir derartige Versuche doch von Bedeutung. Mittels eines kleinen Apparats, den ich früher schon beschrieben habe[2]), lassen sich Dehnungen bis zu 100 Proz. leicht ausführen, wenn man nur mit der nötigen Vorsicht verfährt und die Dehnung ganz allmählich, d. h. mehrere Tage hindurch immer in kurzen Zwischenräumen wirken läßt. Es ergab sich dabei, daß schon

1) H. Ambronn und R. Zsigmondy, Über Pleochroismus doppelbrechender Gelatine nach Färbung mit Gold- und Silberlösungen. Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. **51**, Naturw. Teil, 13—15, 1899.

2) F. Braun, Der Hertzsche Gitterversuch im Gebiete der sichtbaren Strahlung, Ber. d. Berl. Akad. Phys.-math. Klasse, Sitzung vom 21. Januar 1904; ferner Drudes Ann. **16**, 1—19, 238—277, 1905; vergl. auch Rektoratsrede, Straßburg 1905.

3) F. Kaempf, Größe und Ursache der Doppelbrechung in Kundtschen Spiegeln, Leipziger Diss. 1905 und Drudes Ann. **16**, 308—333, 1905.

4) H. Ambronn, Über pleochroitische Silberkristalle und die Färbung mit Metallen. Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. **22**, 349—355, 1905.

1) Man kann nämlich den von mir (Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. **50**, Naturw. Teil, 26—28, 1898) beschriebenen Versuch nach F. Neumann (Pogg. Ann. **54**, 468, 1841), durch Biegung und bleibende Dilatation in Gelatinestreifen einen dreimaligen Wechsel des Vorzeichens der Doppelbrechung herbeizuführen, noch leichter und schöner an Zelluloidstreifen anstellen. Dabei erfahren einzelne Partien des Streifens eine Deformation um fast 100 Proz.

2) H. Ambronn, Anleitung zur Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen, S. 12, Leipzig, 1892.

bei einer Dehnung von etwa 20 Proz. in den Silberspiegeln ein deutlicher Pleochroismus auftrat. Bei Parallelstellung der Polarisationsebene zur Zugrichtung erschien die Silberschicht im durchfallenden Licht gelblich, bei senkrechter Stellung dagegen bläulich.

Leider konnten ähnliche Versuche mit Goldspiegeln auf Zelluloid nicht ausgeführt werden, da sich derartige Spiegel kaum herstellen lassen. Ich versuchte deshalb eine starke Deformation von Goldspiegeln auf Glas zu erreichen, indem ich vergoldete Deckglasstreifen in der Flamme bis zum eben eintretenden Erweichen erhitzte und nunmehr auszog. Es ergab sich dabei das interessante Resultat, daß die Spiegel an den ausgezogenen Stellen einen starken Pleochroismus — rot-grünblau — zeigten. Allerdings gelingen die Versuche keineswegs immer; es ist vor allem notwendig, daß die Spiegel am Glase recht fest haften und die Metallschicht sehr dünn ist. Die Vergoldung darf nicht weiter getrieben werden, als bis der Spiegel wie ein leichter Hauch auf dem Glase erscheint.[1]) Dickere Schichten, auch wenn sie noch vollkommen durchsichtig sind, eignen sich für diese Versuche nicht. Bei ihnen löst sich in der Regel die Goldschicht beim Erwärmen und Ausziehen in einzelnen Schollen ab, und man findet höchstens an einigen Stellen, wo die Metallschicht sehr dünn war, die charakteristischen Verschiedenheiten in der Absorption.

Nachdem die Versuche mit Goldspiegeln günstige Resultate ergeben hatten, lag es nahe, in derselben Weise auch Silberspiegel auf Glas durch Ausziehen in der Flamme zu deformieren. Man muß dabei jedoch mit großer Vorsicht verfahren, da die dünnen Silberschichten in der Flamme anscheinend rasch verdampfen. Man erhält die besten Resultate, wenn man zwei Streifen dicht übereinander legt, so daß sich die Silberschichten direkt berühren, und nun möglichst rasch erwärmt und auszieht. Der hierbei entstehende Pleochroismus stimmt in seinen Nuancen mit dem der durch Silbernitrat gefärbten Fasern und der in dünnen Schichten erzeugten Silberkriställchen im wesentlichen überein.

Nimmt man an, daß beim Niederschlagen der Metalle auf das Glas die Reduktion zunächst in ähnlicher Weise erfolgt, wie die Reduktion innerhalb der Micellarinterstitien der Fasern oder wie bei der Bildung der pleochroitischen Kriställchen in sehr dünnen Schichten, so muß natürlich auch bei dem Ausziehen der Glasstreifen, ähnlich wie bei der Einlagerung in anisotrope Fasern oder in gedehnte Gelatinestreifen, eine annähernd gleichsinnige Orientierung der Metallteilchen erfolgen. Da nach jener Annahme den submikroskopischen Teilchen, aus denen sich diese Niederschläge zusammensetzen, an sich optisch und räumlich anisotrope Eigenschaften zukämen, so würde sich ohne Schwierigkeit die Übereinstimmung in dem optischen Verhalten der gefärbten Fasern oder Gelatinestreifen und der ausgezogenen Metallspiegel erklären lassen. Untersucht man die pleochroitischen Spiegel bei stärkerer Vergrößerung, so sieht man Andeutungen einer sehr feinkörnigen Struktur; zwischen gekreuzten Nicols bemerkt man ein deutliches Aufleuchten der Metallschicht, wenn die Zugrichtung diagonal zu den Polarisationsebenen steht. Es ist zu erwarten, daß eingehendere mikroskopische und ultramikroskopische Untersuchungen noch manche Aufschlüsse über das Verhalten solcher Schichten geben werden. Man hat es in den Komponenten dieser Schichten höchstwahrscheinlich mit Molekularkomplexen oder „Gruppen nahe benachbarter Moleküle" zu tun, für die vor kurzem E. Bose[1]) den ganz bezeichnenden Ausdruck „Schwärme" vorschlug.

Auch noch eine weitere Analogie läßt sich für die Berechtigung dieser Annahme anführen. Es ist bekannt, daß Steinsalz durch Bestrahlung mit Kathodenstrahlen stark gefärbt werden kann. Diese Farbe ist nur in den oberflächlichen Schichten vorhanden und rührt höchstwahrscheinlich, wie die neueren Untersuchungen von Siedentopf gezeigt haben, von der Einlagerung submikroskopischer Natriumteilchen her. Es war nun interessant, daß Steinsalzwürfel, die auf einer Fläche in dieser Weise gefärbt waren, bei starker Deformation um 10—20 Proz. einen sehr deutlichen Pleochroismus erhielten. Die Versuche sind von Herrn Dr. Siedentopf ausgeführt, aber bisher noch nicht veröffentlicht worden; er hat mir jedoch freundlichst gestattet, dieses Resultat seiner Beobachtungen hier kurz anzuführen. Bei den durch Kathodenstrahlen gefärbten Flächen handelt es sich gewissermaßen auch nur um eine Art Metallspiegel, und es darf deshalb wohl eine wesentliche Ähnlichkeit zwischen dem Pleochroismus der deformierten Steinsalzflächen und der ausgezogenen Silber- und Goldspiegel angenommen werden.

Es ist nach den im vorstehenden mitgeteilten Versuchsergebnissen wahrscheinlich, daß der Pleochroismus von Metallschichten immer nur dann eintritt, wenn eine gleichsinnige oder doch wenigstens annähernd gleichsinnige Orien-

1) Sämtliche Metallspiegel, die ich zu meinen Versuchen benutzte, wurden in der Werkstätte von Carl Zeiß durch Herrn Dr. P. Riedel hergestellt, dem ich für sein freundliches Entgegenkommen auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

1) E. Bose, Für und wider die Emulsionsnatur der kristallinischen Flüssigkeiten. Diese Zeitschr. 8, 516, 1907.

tierung der die Schichten zusammensetzenden Teilchen herbeigeführt wird; man hätte also mehrere Möglichkeiten, dies zu erreichen: 1. Abstäubung oder Zerstäubung von Metalldrähten — Versuche von Kundt und Braun —, 2. Einlagerung von Metallen in anisotrope Fasern, 3. Deformation an sich isotroper Körper, auf deren Oberfläche oder in deren Gefüge Metallteilchen abgelagert wurden. Zu dieser dritten Kategorie würden also gehören: die Erscheinungen an ausgezogenen Metallspiegeln auf Zelluloid und Glas; die von Siedentopf an gefärbten und deformierten Steinsalzflächen gemachten Beobachtungen; sowie die von Zsigmondy und mir nachgewiesenen Absorptionsverschiedenheiten an gespannten Gelatinestreifen, die mit kolloidalen Silber- und Goldlösungen gefärbt wurden.

Jena, 9. September 1907.

(Eingegangen 11. September 1907.)

Selbsttätiger Unterbrecher.

Bemerkungen zur Mitteilung des Herrn Perotti.[1])

Von Chr. Ries.

In dem am 1. Februar 1907 erschienenen Hefte dieser Zeitschrift finde ich eine Mitteilung des Herrn Perotti über meinen selbsttätigen Unterbrecher.[2]) Herr Perotti schreibt, daß der Riessche Unterbrecher ein Hughessches Mikrophon sei. Er habe bereits am 29. Dezember 1905 der Reale Accademia dei Lincei eine Mitteilung unter dem Titel „Nuovo interruttore microfonico di un rocchetto d'induzione" (ein neuer mikrophonischer Unterbrecher für Induktoren) vorgelegt und ferner in der Sitzung vom 30. April 1906 der Società Italiana di Fisica eine Mitteilung über diesen seinen mikrophonischen Unterbrecher gemacht. Es stehe sonach fest, daß er viel früher als Herr Ries gefunden habe, daß ein Hughessches Mikrophon als selbsttätiger, regelmäßig arbeitender und sehr einfacher Unterbrecher wirken kann, daß er einen nicht störenden Ton hervorbringt, daß er im Sekundärkreis eines Induktors ohne Kondensator einige Hundert Funken in der Sekunde hervorruft, und daß er sowohl wegen seines niedrigen Preises als auch, weil er eine verhältnismäßig geringe Stromstärke zum Betrieb des genannten Induktors verlangt, überaus ökonomisch ist.

Dazu bemerke ich:

Die Anordnung bei meinem selbsttätigen Unterbrecher hat zwar sehr viel Ähnlichkeit mit einem Hughesschen Mikrophon, ist aber genau genommen die des Trevelyaninstruments. Auch ist die Ursache der von mir beschriebenen Beobachtung wohl die gleiche wie beim Trevelyaninstrument, weshalb ich in meiner Mitteilung nur auf dieses hingewiesen habe. Die genannte Erscheinung habe ich bereits im Jahre 1901 beobachtet, aber nicht veröffentlicht, da ich erst noch eingehender darüber arbeiten wollte, was mir allerdings unmöglich wurde. Im Jahre 1904 habe ich dann Herrn Universitätsprofessor Dr. Graetz in München von meinem selbsttätigen Unterbrecher Mitteilung gemacht, was dessen briefliche Antwort bestätigt. Daher muß ich die Priorität der Beobachtung für mich in Anspruch nehmen.

(Eingegangen 18. September 1907.)

1) Diese Zeitschr. **8**, 93, 1907.
2) Diese Zeitschr. **7**, 899, 1906.

Eine Methode zur Erzeugung von Wechselströmen beliebiger Periodenzahl.

Von Reinhold Rüdenberg.

Zur Erzeugung elektrischer Wechselströme hat man bisher zwei wesentlich voneinander verschiedene Verfahren angewandt. Um Ströme niedriger Frequenz zu erhalten, wie sie in der Starkstromtechnik vorwiegend gebraucht werden, bedient man sich der synchronen Wechselstromdynamos, in denen die stromdurchflossenen Spulen durch rhythmisch wechselnde Magnetfelder bewegt werden. Diese Dynamomaschinen liefern rein periodische Wechselströme von einer ganz bestimmten Frequenz, die durch den Abstand τ benachbarter Polmitten und die Umfangsgeschwindigkeit v bestimmt wird, sie ist pro Sekunde:

$$\omega = \frac{v}{2\tau}.$$

Zur Erzielung hoher Periodenzahlen eignen sich diese Maschinen nicht, weil dann die Umfangsgeschwindigkeit so groß, der Polabstand so klein gehalten werden muß, daß die Konstruktion mechanisch unausführbar wird. Man wendet dann ein anderes Verfahren an, das sich in der Experimentalphysik und zum Teil auch in der Technik bestens bewährt hat, man benutzt die Eigenschwingungen elektrischer Stromkreise, die Selbstinduktion L und Kapazität C enthalten. Die Frequenz der so erzeugten Ströme ist sehr nahezu

$$\omega = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

sie läßt sich durch passende Ausführung der Stromkreise von sehr niedrigen bis zu sehr hohen Werten steigern.

Ein Nachteil dieser Anordnung, der sich oft sehr stark fühlbar macht, ist die nicht reine Periodizität der Ströme, die infolge der Energie-

abgabe eine allmähliche Dämpfung erleiden. Erst in neuerer Zeit ist es gelungen, durch Verwendung des elektrischen Lichtbogens ungedämpfte Wechselströme auch von hoher Frequenz zu erzeugen, doch treten hier, wenn man sich nicht auf ganz schwache Energieentziehung beschränkt, Unregelmäßigkeiten in der Schwingungsdauer auf, die sich bis jetzt noch nicht bemeistern ließen.

Es läßt sich nun eine Anordnung zur Erzeugung von Wechselströmen treffen, bei der ein elektrischer Schwingungskreis nur zur Festlegung der Periodenzahl dient, bei der aber die verbrauchte Energie durch Dynamomaschinen nachgeliefert wird.[1]) Diese Zusammenstellung vermeidet manche Nachteile der eben beschriebenen Verfahren, sie gestattet eine leichte Veränderung der Frequenz und erlaubt die Verwendung beliebig großer Energiemengen. Gegenüber den synchronen Dynamomaschinen hat die Anordnung den Vorteil, daß die Periodenzahl des Wechselstroms nur von Selbstinduktion und Kapazität des Schwingungskreises abhängt, und daher ganz unabhängig von der Polzahl und der Umfangsgeschwindigkeit ist. Man kann daher leicht zu hohen Frequenzen gelangen.

Die elektromotorische Kraft einer Hauptstromdynamomaschine ist bei geringer magnetischer Induktion im Eisen proportional der Stromstärke i. Schaltet man daher in ihren Stromkreis einen Kondensator ein, Fig. 1, dann erhält

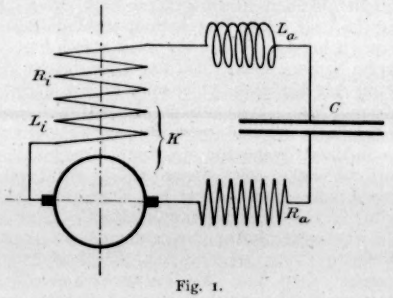


Fig. 1.

man als Bedingung für das Gleichgewicht der Spannungen:

$$L\frac{di}{dt}+Ri+\frac{1}{C}\int i\,dt=Ki.$$

L und R bedeuten dabei Selbstinduktion und Widerstand des gesamten äußeren und inneren Stromkreises; K ist eine Maschinenkonstante, die nur von den Wicklungsverhältnissen, den Kraftlinienwegen und der Umdrehungszahl der Dynamomaschine abhängt, es ist die elektromotorische Kraft der Dynamo pro Stromeinheit.

Die Lösung der Differentialgleichung ist

$$i=\mathfrak{J}\cdot e^{-\frac{R-K}{2L}t}\cdot\sin\left(\sqrt{\frac{1}{CL}-\left(\frac{R-K}{2L}\right)^2}\,t+\varphi\right),$$

wenn $\mathfrak{J}$ und φ Amplitude und Phasenwinkel bezeichnen; sie läßt erkennen, daß beim Betrieb der Dynamo ein Wechselstrom in der Leitung zirkulieren kann, daß jedoch drei verschiedenartige Zustände auftreten können, je nachdem $K \lessgtr R$ ist.

Im ersten Falle, $K<R$, reicht die Energielieferung der Dynamo nicht aus, um den gesamten Verbrauch des Stromkreises zu decken, die Eigenschwingungen verlöschen daher allmählich, wenn auch langsamer, als es ohne Einschaltung der Dynamo der Fall wäre.

Steigert man jetzt die Umdrehungszahl der Dynamo, dann wächst ihre elektromotorische Kraft und damit auch der Energiekoeffizient K, so daß schließlich der Zustand $K=R$ erreicht wird. Die einmal angeregten Eigenschwingungen des Systems bleiben dann ungedämpft dauernd erhalten, die durch Stromwärme, Strahlung usw. verbrauchte Energie wird in ihrem vollen Betrage von der Dynamomaschine nachgeliefert. Die Periodenzahl der Wechselströme ist genau

$$\omega=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

sie ist ganz unabhängig von der Umdrehungszahl der Dynamomaschine, die daher als asynchrone Maschine wirkt.

Wird die Umdrehungszahl noch weiter gesteigert, so daß schließlich $K>R$ wird, dann wird dem System während einer Schwingung mehr Energie zugeführt, als es nach außen hin abgibt; das ist ein Zustand, der natürlich in Wirklichkeit nicht dauernd bestehen bleiben kann. Dem Anwachsen des Stromes wird schließlich eine Grenze gesetzt werden, entweder durch die magnetische Sättigung des Eisens, oder auch durch die Widerstandszunahme der Leitungen bei steigender Erwärmung, oder ähnliche Erscheinungen, die beim Ansatze der Differentialgleichung nicht berücksichtigt sind.

Es interessiert nun am meisten der Zustand des Schwingungskreises, in dem rein periodische, ungedämpfte Wechselströme möglich sind. Wäre der Ohmsche Widerstand des

1) Dieser Gedanke wurde zuerst im DRP. No. 179954 vom 22. Okt. 1906 besprochen. Nach mündlichen Mitteilungen sind auch die Herren Dr. H. Barkhausen und W. Hahnemann unabhängig, wenn auch später, darauf gekommen. Vergl. des ersteren Dissertation „das Problem der Schwingungserzeugung" Leipzig 1907, S. 37 (auch im Buchhandel bei S. Hirzel in Leipzig).

Kreises für Wechselstrom genau so groß, wie für Gleichstrom, dann könnte man durch einfaches Einschalten eines beliebig großen Kondensators in eine Gleichstrom liefernde Serienmaschine erreichen, daß sie jetzt Wechselstrom von genau derselben Amplitude erzeugte wie vorher Gleichstrom, ohne daß man sonst eine Änderung an der Maschine oder am Stromkreise vorzunehmen brauchte.

In Wirklichkeit wächst allerdings der Ohmsche Widerstand mit zunehmender Periodenzahl, so daß er nur bei sehr langsam periodischem Wechselstrome dem Gleichstromwiderstande nahekommt. Besonders gilt dies von dem äquivalenten Widerstande der üblichen Dynamomaschinen mit massivem Magneteisen, in dem bei Wechselstrombetrieb starke Wirbelströme induziert werden, die große Energiemengen absorbieren und das Magnetfeld stark schwächen würden. Läßt man jedoch eine Dynamo, deren Anker und Feldsystem aus lamelliertem Eisen besteht, auf einen Kondensator arbeiten, dann erzeugt sie tatsächlich Wechselströme, deren Periodenzahl der Selbstinduktion der Maschine und der Kapazität des Kondensators entspricht. Wegen der magnetischen Hysteresis und der Wirbelströme im Eisen erscheint der innere Widerstand größer als bei Gleichstrombetrieb, er läßt sich auf einfache Weise an der laufenden Maschine feststellen, weil diejenige Tourenzahl, bei der gerade Selbsterregung eintritt, natürlich in demselben Maße steigt, wie der Widerstand.

Zu Versuchen stand mir nur eine sehr kleine Dynamomaschine — ein Gleichstromserienmotor von etwa $^1/_{30}$ PS. mit unterteiltem Eisen — zur Verfügung[1]), die der relativ großen inneren Verluste wegen die zuletzt besprochenen störenden Erscheinungen sehr ausgeprägt zeigt.

Kleine Papierkondensatoren von je etwa 2 Mikrofarad Kapazität dienten zur Herstellung des Schwingungskreises, Fig. 2, eine äußere Selbstinduktion brauchte nicht eingeschaltet zu werden. Strom und Spannung wurden mittels Hitzdrahtinstrument (bis 0,3 Amp.) und Multicellularvoltmeter (bis 400 Volt) gemessen, so daß störende Beeinflussungen des Schwingungskreises vermieden wurden. Die Frequenz ließ sich mit einem Resonanzinstrument von Hartmann & Braun feststellen, sie konnte aber auch aus der Kapazität der geeichten Kondensatoren unter Benutzung der Strom- und

1) Ich verdanke dieselbe dem frdl. Entgegenkommen von Herrn Dr. G. Seibt. Auch Herrn Prof. H. Th. Simon, in dessen Institute für angewandte Elektrizitätslehre die Versuche ausgeführt wurden, bin ich zu großem Danke verpflichtet, daß er mir seine Hilfsmittel so liebenswürdig zur Verfügung stellte.

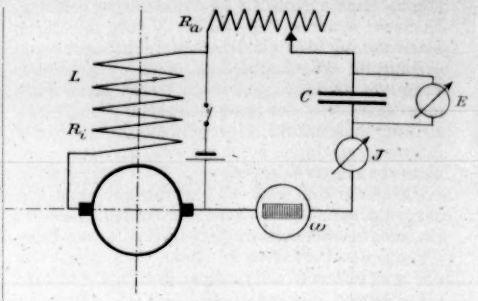


Fig. 2.

Spannungsmessung berechnet werden nach der Beziehung

$$\omega = \frac{\mathfrak{J}}{2\pi C \cdot E}.$$

Durch Variieren der Kapazität von 20 bis 2 Mikrofarad ließ sich die Periodenzahl zwischen 20 und 70 pro Sekunde beliebig verändern.

Da die Maschine in ihrem Magnetkreise Eisen enthielt, so stellte sich bei jeder Tourenzahl eine bestimmte Stromstärke stabil ein, die mit wachsendem äußeren Widerstande abnahm. Es war jedoch nicht möglich, Stromstärken unter 0,1 Amp. dauernd zu erhalten, die Dynamo verlor dann stets ihre Spannung. Die Ursache dieser Erscheinung kann entweder an der Form der Magnetisierungskurve liegen, die bei kleinen Stromstärken nach oben konkav ist und daher hier keinen stabilen Betrieb ermöglicht; sie kann aber auch durch die Tatsache bedingt sein, daß der Übergangswiderstand der Kollektorschleifbürsten bei geringen Stromdichten außerordentlich ansteigt, was ebenfalls Instabilität bewirkt.

Jedesmal wenn die Maschine ihre Spannung verloren hatte, war sie so völlig entmagnetisiert, daß sie sich sogar bei Kurzschluß nicht selbst wieder erregen konnte, eine Erscheinung, die wegen der bekannten entmagnetisierenden Wirkung von gedämpften Wechselströmen vorauszusehen war. Ein kurzer Stromstoß aus einem Hilfsakkumulator genügt jedoch zum Wiederanregen der Eigenschwingungen.

Da die Eisenverluste außer von der Periodenzahl auch von der Stärke der Magnetisierung abhängen, diese selbst aber bei stärkeren Strömen nur wenig wächst, während die Verluste durch den äquivalenten Widerstand R_i mit dem Quadrate der Stromstärke ansteigen sollten, so erkennt man, daß dieser scheinbare Widerstand mit wachsender Stromstärke abnehmen muß. Er ist in Fig. 3 abhängig von der Frequenz ω und der effektiven Stromstärke $\mathfrak{J}/\sqrt{2}$ dargestellt. Der Gleichstromwiderstand der Dynamo

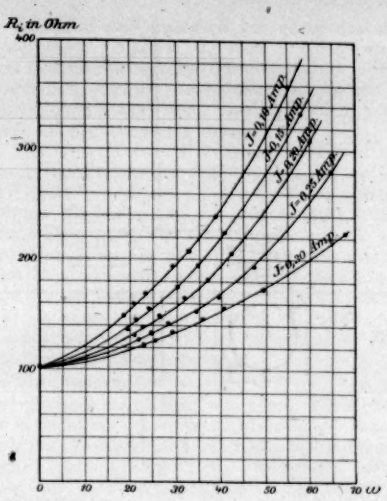


Fig. 3.

wurde zu 100,7 Ohm ermittelt, der Wechselstromwiderstand ist bei höheren Periodenzahlen beträchtlich größer, es ist aber zu beachten, daß man ihn erheblich reduzieren kann, wenn man beim Entwurfe der Maschine von vornherein Wechselstrombetrieb voraussetzt.

Die Vergrößerung des Wechselstromwiderstandes gegenüber dem für Gleichstrom wird durch vier verschiedene Umstände bewirkt. Einmal tritt beim Ummagnetisieren des Feldeisens ein Verlust durch magnetische Hysteresis auf, und sodann auch ein solcher durch Wirbelströme. Bei mäßigen Periodenzahlen machen diese beiden den Hauptanteil der zusätzlichen Verluste aus. Wenn man sehr hohe Frequenzen erzielen will, ist es zweckmäßig, die Dynamomaschine ganz ohne Anwendung von Eisen aufzubauen; man vermeidet dann die genannten beiden Verluste völlig und gelangt dennoch zu gut ausführbaren Dimensionen. Ein dritter Verlust wird bei Wechselstrombetrieb dadurch hervorgerufen, daß in den durch die Kollektorbürsten kurzgeschlossenen Ankerwindungen parasitäre Ströme induziert werden, und ein vierter endlich bei sehr hohen Periodenzahlen durch die ungleichförmige Verteilung des Stromes über den Drahtquerschnitt. Die beiden letzten Verluste lassen sich durch geeignete Anordnung der Wicklung auf einen geringen Betrag reduzieren, wenn man nur dafür sorgt, daß von allen einzelnen Stromfäden stets die richtige Kraftlinienzahl umschlungen wird.

Da sich auf diese Weise auch bei sehr hohen Periodenzahlen die inneren Verluste in mäßigen Grenzen halten lassen, und weil prinzipiell durch passende Ausführung der Selbstinduktion der Maschine und der äußeren Kapazität jede beliebige Frequenz erreicht werden kann, so halte ich diese Art der asynchronen Wechselstrommaschinen für hervorragend geeignet, Hochfrequenzströme zu liefern, wie sie z. B. bei der drahtlosen Telegraphie Verwendung finden. Es ist dann auf rationellem Wege möglich, große Energiemengen ungedämpfter Strahlung von genau konstanter Wellenlänge in den Äther hinauszusenden.

Auch für physikalische und chemische Messungen bei geringen Frequenzen sind diese Wechselstromgeneratoren in kleinerer Ausführung sehr geeignet, weil sich durch einfache Regulierung, z. B. der äußeren Kapazität, die Periodenzahl in sehr weiten Grenzen verändern läßt. Ein gesonderter Antriebsmotor ist zum Betriebe nicht erforderlich, man kann dieselbe Dynamo gleichzeitig als Motor mit Gleichstrom und als Generator für Wechselstrom laufen lassen, wobei eine Trennung der beiden Stromarten durch eingeschaltete Selbstinduktionsspulen und Kapazitätszellen leicht zu bewirken ist.

Um dem Hauptschwingungssystem: Anker, Feldspulen und Kondensatoren, Energie zu entziehen, ist man natürlich nicht auf die gewöhnliche Leitungskoppelung in Serie oder Nebenschluß mit den Energieverbrauchern angewiesen, man kann ebensogut auch die Koppelung durch elektromagnetische Induktion oder dielektrische Influenz bewerkstelligen. Stets wird das gesamte Schwingungssystem einen bestimmten äquivalenten Widerstand R besitzen, der von dem Energiekoeffizienten K der Dynamomaschine äquilibriert werden muß.

Sind mehrere schwingungsfähige Systeme miteinander gekoppelt, dann sind im allgemeinen auch mehrere freie Hauptschwingungen von verschiedener Periodenzahl möglich. Weil dann aber stets die schnelleren Hauptschwingungen auch die größere Dämpfung besitzen[1]), so können sie von der Energie der Dynamomaschine nicht dauernd aufrecht erhalten werden. Sie verlöschen sehr schnell, und im stationären Zustande bleibt allein die Hauptschwingung mit der niedrigsten Periodenzahl erhalten.

Auch zwischen dem Anker- und Feldstromkreise der Dynamo kann man mit Vorteil induktive Koppelung statt der Serienschaltung anwenden. Man erreicht dies dadurch, daß man die Ankerbürsten aus der neutralen Zone verschiebt und in sich kurzschließt, während die Enden der Feldwicklung direkt mit dem Kondensator verbunden werden, Fig. 4. Die Achsen der Magnetfelder von Anker- und Er-

1) P. Drude, Ann. d. Phys. **13**, 535, 1904.

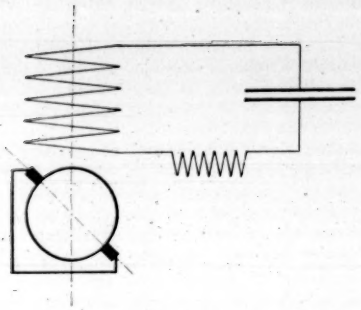


Fig. 4.

regerströmen stehen dann nicht mehr senkrecht aufeinander, sondern besitzen eine gemeinsame Komponente, die die magnetische Koppelung bewirkt. Außer der weit geringeren am Kollektor auftretenden Spannung erzielt man bei dieser Anordnung auch eine geringere Selbstinduktion der ganzen Maschine, die höhere Periodenzahlen zu erreichen gestattet. Ebenso werden die Kommutierungsverhältnisse unter den Bürsten gegenüber der Serienschaltung erheblich verbessert.

Das Schaltungsschema der Fig. 4 hat große Ähnlichkeit mit dem der Repulsionsmotoren, die neuerdings in der Wechselstromtechnik viel benutzt werden. In der Tat kann man die hier beschriebenen Dynamomaschinen auffassen als Umkehrung der Wechselstromkollektormotoren, denen der wattlose Magnetisierungsstrom von einer äußeren Quelle, dem Kondensator, zugeführt wird, da sie ihn nach bekannten Gesetzen nicht selbst erzeugen können. Sämtliche möglichen Schaltungen dieser Matoren sind somit einer Umkehrung als Generatoren fähig, wenn man ihnen irgendwie wattlosen Strom zuführt.

Läßt man in einem Schwingungssystem die Dynamomaschine nur so schnell rotieren, daß sie eben nicht mehr die Summe aller Energieverluste, die bei ungedämpften Schwingungen auftreten, decken kann, dann erhält man ein System von außerordentlich geringer Gesamtdämpfung. Dasselbe eignet sich in hervorragendem Maße als Resonator für erzwungene Schwingungen der eigenen Periodenzahl, weil seine Resonanzkurve ein sehr starkes und stark ausgeprägtes Maximum besitzt. Man kann ein solches System nach Fig. 5 z. B. als Empfangskreis in der drahtlosen Telegraphie verwenden; die Schwingungen werden durch die Wellenaufnahme einer Antenne angeregt und üben auf den Wellenindikator eine ungleich stärkere Wirkung aus, als ohne Einschaltung der Energie

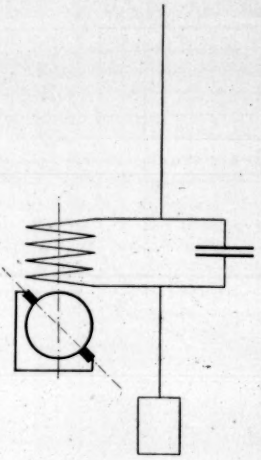


Fig. 5.

liefernden Dynamo möglich wäre. Die Antennenenergie selbst dient dann nur zum Auslösen der Energie der Dynamomaschine.

Göttingen, Institut für angewandte Mechanik, September 1907.

(Eingegangen 10. September 1907.)

Ein transportabler Tropfenkollektor zur Messung des luftelektrischen Potentialgefälles.

Von Victor Conrad.

Gelegentlich der Aufgabe, die Potentialgefälle-Aufzeichnungen eines Registrier-Elektrometers auf die Ebene zu reduzieren, mußte sich der Verfasser für eine Type eines transportablen Kollektors entscheiden. Flammen- und radioaktive Kollektoren lagen zur Wahl vor. Letztere schienen infolge der oftmals angeführten Gründe an und für sich ausgeschlossen. Erstere wurden in letzter Zeit von Elster und Geitel und Lutz[1]) ganz bedeutend verbessert. Immerhin scheint aber auch bei diesen Typen das lästige Auslöschen bei Wind nicht ausgeschlossen zu sein und was das Wichtigste ist — man kann unmöglich die Fehlerquellen ausschalten, die unbedingt bei wechselnder Windstärke auftreten, die ja Lutz (l. c.) eingehend untersucht hat.

Es lag daher der Gedanke nahe, einen transportablen Tropfenkollektor zu konstruieren, bei dem die lästigen Eigenschaften des Flammenkollektors umgangen werden.

1) Münchn. Ber. 1906, Heft III, S. 507.

Derselbe muß natürlich vor allem drei Anforderungen genügen. Er muß 1. einen besonders kleinen Flüssigkeitsverbrauch haben, 2. eine womöglich kürzere praktische Ladungszeit als die üblichen Kollektoren, und schließlich 3. das Feld womöglich wenig stören.

Die ersten zwei Forderungen können nur durch das Prinzip verwirklicht werden, auf das F. Linke[1]) und der Verfasser[2]) hingewiesen haben: Verkleinerung der Tropfendurchmesser durch Einengung der Austrittsöffnung und Vergrößerung des Drucks. Da bei einem transportablen Apparat vom Flüssigkeitsdruck an und für sich abgesehen werden mußte, wurde das System der Spritzflasche gewählt. Die Kompression der Luft wird mittels eines Kautschukhandgebläses erzeugt.

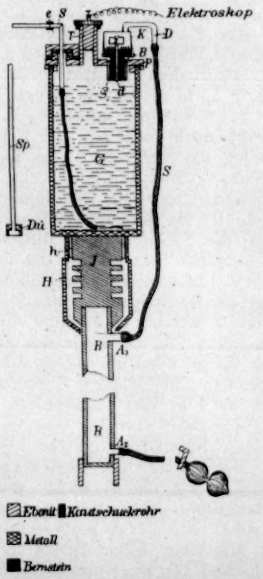
Aus mehrfachen primitiven Versuchen ging hervor, daß man leicht mit einem Flüssigkeitsverbrauch von 4 ccm Min. auskommen kann — d. h. man benötigt für eine einstündige kontinuierliche Messung 240 ccm Flüssigkeit, kommt also mit einer einundeinhalb Liter-Feldflasche sechs Stunden aus. Da man bei Potentialmessungen wohl nie ganz kontinuierlich messen wird, kann man mit der genannten Menge natürlich noch weit länger sein Auskommen finden.

Diese Vorversuche führten zur Dimensionierung des Apparates, der in der nebenstehenden Figur schematisch dargestellt ist.

Ein vom Instituts-Mechaniker Herrn Philipp Sündermann in Wien, in etwas einfacherer Weise als unten beschrieben, ausgeführtes Modell hatte einen Fassungsraum von einem Viertel Liter und einen Wasserverbrauch von 3 bis 4 ccm in der Minute. Die Kapazität des Kollektors betrug 58 cm. Bei der oben angegebenen Ausflußmenge lädt der Kollektor sich selbst und das zugeschaltete Elektroskop (zusammen eine Kapazität von ca. 70 cm) in 13^s bis 20^s praktisch zum vollen Potential auf. Der Ladungskoeffizient (siehe Linke, l. c.) war, dem kleinen Wasserverbrauch entsprechend, natürlich klein und schwankte zwischen 3 und 4 — immerhin größer als bei radioaktiven Kollektoren, und was das Wesentliche ist, die praktische Ladungszeit ist eine recht kleine, so daß das System auch schnellen Änderungen des Potentials nachkommen kann.

Es möge nun noch die detaillierte Beschreibung des kleinen Apparates folgen.

Das Kollektorgefäß G ist ein Zylinder (aus Magnalium gedacht) mit einem Durchmesser von 6 cm und eine Höhe von 12 cm. Es sitzt mit einer Hülse h auf dem Ebonitisolator J auf, der mit den von Schering angegebenen Nuten versehen ist. Über die Hülse h ist die Hülse H[1]) geschoben, die den Isolator vor Staub und Nässe schützen soll. Falls es notwendig sein sollte, könnte man hier ein Natriumtrockenrohr leicht anbringen. In den Isolator J ist ein starkes Ebonitrohr R eingeschraubt, welches eine Länge von mindestens 50 cm hat.[2]) Mit seinem unteren Ende sitzt das Ebonitrohr auf einem zusammenlegbaren Stativ oder auf einem Metallrohr auf. Bei A_1 und A_2 trägt das Rohr R abschraubbare Schlauchansätze. Auf A_2 wird der ca. 6 m lange Schlauch gesteckt, der an seinem anderen Ende das Gebläse mit einem



Zweiweghahn trägt und vom Beobachter gehandhabt wird. Wenn das Gebläse einmal völlig aufgeblasen ist, genügt im allgemeinen alle 4 bis 5 Minuten ein Druck auf den Druckballon.

Die Druckluft tritt also bei A_1 ein, bei A_2 aus und wird durch den Gummischlauch s zum Druckrohr D geleitet. Dieser Weg wurde für die Druckluft gewählt, um einen zur Erde herabhängenden Schlauch zu vermeiden, der einerseits das Feld gestört, andererseits die Anordnung weniger stabil gemacht hätte. Das Druck-

1) Diese Zeitschr. **4**, 661, 1903.
2) Wiener Ber. Bd. III, Abt. IIa, S. 333, 1902.

1) Die Hülse H wäre vielleicht auch aus Ebonit herzustellen, um die Vertikaldimension des leitenden Kollektorteiles möglichst herabzudrücken.
2) Benndorf, Wiener Berichte, Bd. 115, Abt. IIa, April 1906, S. 455.

rohr D mündet in die Kappe K, die auf der Bernsteinisolation B luftdicht aufsitzt. Dieselbe ist an ihrer Oberseite mit Nuten versehen und ist in das weite Metallrohr ϱ eingesetzt, das durch einen Boden verschlossen ist, der seinerseits eine kleine Öffnung zur Aufnahme des Rohres d besitzt. Die Bernsteinisolation ist also durch das Rohr ϱ, den Boden und das Rohr d vollkommen vor aufspritzendem Wasser geschützt. Das Rohr d trägt an seinem oberen Ende die kleine kesselartige Erweiterung E, die an ihrer Oberseite durchlocht ist und nirgends die Kappe K berührt. Diese etwas komplizierte Einrichtung wurde gewählt, um den Übelstand zu vermeiden, daß bei unvorsichtiger Handhabung des Kollektors ausfließendes Wasser eine leitende Verbindung zwischen dem Ebonitrohr K und dem Kollektorgefäß herstellt. Das Rohr ϱ ist in die abschraubbare Verschlußplatte P des Kollektorgefäßes eingelassen. Dieselbe trägt noch, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, das Steigrohr S, das an derselben durch einen Dichtungskragen, Dichtungsscheibe und Holländer festsitzt. Im Innern des Gefäßes G bildet ein Kautschukschlauch die Verlängerung des Steigrohres, in dessen Ende ein kleines Metallröhrchen steckt, das durch einen mehrfachen Leinwandfilter verschlossen wird. Bei e wird an das Steigrohr S das Spritzrohr Sp angeschraubt, welches eine Länge von ungefähr 30 cm besitzt. An das Ende des Spritzrohres wird eine kleine Düse $Dü$ geschraubt, die mit einem dünnen aufgelöteten Kupferbleche verschlossen ist. In das Kupferblech wird vor dem Aufschrauben von der Innenseite mittels einer feinen Nähnadel ein sehr kleines Loch gebohrt. Die ganze Düse wird etwas erwärmt und in heißes Paraffin getaucht, wodurch das lästige langsame Abtropfen so ziemlich vermieden wird. Aus der so hergestellten Öffnung tritt ein ungemein feiner Strahl aus, der in einem Abstand von ca. 3 mm in feinste Tropfen zerstäubt. Bei Anwendung von dichter Leinwand als Filter und reinem Wasser oder Spiritus tritt äußerst selten eine Verstopfung der feinen Öffnung ein. Zur Vorsicht sollen dem Apparat einige Düsen beigegeben werden, die auch die Wahl verschiedener Ausflußmengen resp. Ladungszeiten erlauben.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, trägt die Verschlußplatte noch ein Tubulus T als Füllöffnung, die durch einen einschraubbaren Pfropfen verschlossen werden kann. An letzterem ist eine kleine Klemmschraube befestigt.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß der beschriebene Kollektor den eingangs erwähnten Forderungen entspricht. Der Flüssigkeitsverbrauch ist ein kleiner; es dürfte dem Beobachter nicht zuviel zugemutet sein, eine $1\,^1/_2$ Liter-Feldflasche bei sich zu tragen; mit dieser Menge kommt er dann sicherlich sechs Stunden aus — mit einer einmaligen Füllung eine Stunde. Der größte Vorteil dieses Reisekollektors ist eben der, daß er ein Tropfenkollektor ist, also nicht die Fehlerquellen der anderen Kollektorenprinzipien hat und bei jeder Witterung brauchbar ist. Die Ladungszeit ist eine kurze. Die Störung des Feldes ist infolge des langen horizontalen Spritzrohres und der Art der Druckluftzuführung auf das möglichste herabgedrückt.

Es möge noch bemerkt werden, daß sich der Verfasser zum Transport den Kollektor samt Isolator vom Ebonitrohr abgeschraubt und samt Gummischlauch, Gebläse, Elektroskop, Spritzröhre und einigen Düsen, eventuell einem kleinen Trichter in einem handlichen Lederetui verpackt denkt. Das Ebonitrohr samt Stativ, resp. Metallrohransatz kann dann in ähnlicher Weise wie photographische Stative verpackt werden. Die Anfertigung des oben beschriebenen Kollektors hat die Firma Spindler & Hoyer in Göttingen übernommen.

Auch für stabile Registrierung ist eine ähnliche Anordnung — ein Gefäß mit Druck- und Steigrohr in Verbindung mit einem stark belasteten kleinen Gasometer — in Aussicht genommen.

Wien, im August 1907, k. k. Zentralanstalt für Meteorologie.

(Eingegangen 14. August 1907.)

Über zweifache Linienspektra chemischer Elemente.[1])

(Vorläufige Mitteilung.)

Von E. Goldstein.

In den letzten Jahren wurde ich dazu geführt, die Emissionsspektra einer Anzahl von Elementen, besonders der Alkalimetalle und der Halogene, nach einigen Richtungen eingehender zu untersuchen, als es bisher geschehen ist.

Dabei habe ich gefunden, daß Cäsium, Rubidium und Kalium je zwei Linienspektra besitzen, welche keine einzige Linie gemeinsam haben. Die Sonderung der beiden Spektra ist nicht bloß durch Abstraktion zu bewirken, sondern auch experimentell zu erreichen: Unter bestimmten Versuchsbedingungen erhält man entweder nur die Linien des einen oder nur die Linien des anderen Spektrums. Das eine Spektrum fällt zusammen mit dem Bogenspektrum des betreffenden Metalles, kann aber auch durch schwache elektrische Ladungen erzeugt werden;

1) Aus den Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 1907, S. 321.

das andere wird durch starke Kondensatorentladungen rein dargestellt.

Eine Anzahl von Linien der neuen Spektra war schon früher aufgefallen; so wurden einige neue Kaliumlinien von Lecoq de Boisbaudran[1]) beobachtet, aber von Kayser und Runge[2]) auf vermutete Verunreinigungen bezogen. Entsprechend finden sich eine Anzahl dieser Linien in den Beobachtungen von Eder und Valenta[3]) und für Rubidium und Cäsium vom Ultraviolett bis zum Blau (etwa λ 460) bei Exner und Haschek.[4]) Aber auch in diesen Untersuchungen treten die neuen Linien unter Anwendung von Flaschenentladungen lediglich additiv zu den seit langem bekannten Linien der Elemente hinzu, so daß man aus ihnen nur den Schluß ziehen könnte, daß die Bogenspektra der genannten Alkalien durch Flaschenfunken um eine Anzahl von Linien bereichert werden, während die Bogenspektra selbst persistieren.

Die von mir angewandten Versuchsmethoden, welche in einer ausführlicheren Mitteilung beschrieben werden sollen, kommen darauf hinaus, die Entladungsdichte, bezogen auf die Masseneinheit des Metalldampfes, erheblich über die bisher innegehaltene Grenze zu steigern. Bei hinreichender Steigerung nun beobachtet man, daß die altbekannten Spektrallinien der drei Metalle vollständig verschwinden, während in großer Helligkeit neue Linien auftauchen, die mit keiner Bogenlinie zusammenfallen. Da die Bogenlinien der Alkalimetalle sämtlich Serienlinien sind, während die neuen in keine Serie passen, kann man also für diese drei Metalle auch sagen:

Durch kräftige Entladungen werden alle Serienlinien ausgelöscht und durch serienfreie Linien ersetzt.

Die Farbe der Entladung wechselt sehr auffällig beim Übergang vom einen zum anderen Spektrum; sie springt z. B. für Rubidium aus Rosenrot (Serienspektrum) in prachtvolles Himmelblau über, bei Cäsium aus blaustichigem Rot in Grünlichgrauweiß. —

Die Entladungsstärken, welche erforderlich sind, Linien der neuen Spektra auftreten zu lassen, wachsen in der Reihenfolge von Cäsium über Rubidium zu Kalium. Sie sind also desto größer, je kleiner das Atomgewicht ist (*Cs* 133, *Rb* 85, *K* 39). Bei Natrium (Atomgew. 23) ist mir bisher nur eine sehr beträchtliche Schwächung der Serienlinien, aber nicht die Auslöschung aller Serienlinien und ihr Ersatz durch ein neues Spektrum gelungen, beim Lithium (Atomgew. 7) ist der Erfolg am geringsten. Mit Rücksicht auf den erwähnten Einfluß des Atomgewichts aber scheint mir die Vermutung erlaubt, daß bei Versuchsmitteln, welche eine weitere Steigerung der Entladungsdichte gestatten, auch das altbekannte Natriumspektrum in allen seinen Serien verschwinden und durch ein neues ersetzt werden wird. Gleiches ist für Lithium zu vermuten. —

Wenn den Alkalimetallen — zunächst *Cs*, *Rb* und *K* — zwei ganz verschiedene Linienspektra zugeschrieben werden, so entfernt sich dieses Resultat ziemlich weit von den anfänglichen Annahmen der Spektralanalyse, und die Frage liegt nahe, ob es in anderweiten Erfahrungen eine Stütze findet. In dieser Hinsicht darf man auf einen Teil der neuen einatomigen Gase verweisen, bei denen zweifache Linienspektra ebenfalls beobachtet werden. Zu nennen wären Argon, Krypton und Xenon. Ferner erinnern wir uns der schönen Arbeiten, durch welche Lenard[1]) für die Alkalimetalle zeigte, daß im elektrischen Lichtbogen verschiedene Teilchen verschieden strahlen können, indem sie je nach ihrer Temperatur entweder nur die Hauptserie oder nur eine der Nebenserien emittieren.

Die nächstliegende Annahme gegenüber einem solchen Verhalten scheint mir zu sein, daß der Metalldampf im Lichtbogen je nach der Temperatur verschiedene isomere (oder polymere) Aggregate bildet, und daß jedem Aggregat eine besondere Schwingungsform entspricht, deren Typus aber für die verschiedenen Aggregate desselben Elements derselbe bleibt. Zur Stütze einer solchen Annahme können vielleicht auch die Beobachtungen an diskontinuierlichen Emissionsspektren fester organischer Körper[2]) dienen, bei welchen isomere Substanzen (z. B. die drei Xylole) identischen Spektraltypus (Gruppierungsform der Maxima), aber verschiedene Wellenlängen der vergleichbaren Maxima zeigen. Bei diesen Körpern ist nur eine einzige Strukturform, der sechsgliedrige Ring der aromatischen Gruppe, befähigt, solche regelmäßige, aus schmaleren oder breiteren Banden bestehende Spektra zu liefern. Wird der Ring gesprengt, unter Bildung anderer Konfigurationen, so hören die regelmäßigen Spektra auf, es bleibt nur kontinuierliche Emission.

Auch für die regelmäßigen Gasspektra (Banden- und Serienspektra) ist vielleicht die Assoziierung der Teilchen zu bestimmten regel-

1) Lecoq de Boisbaudran, Spectres lumineux, Paris 1881.

2) Kayser und Runge, Abhandl. Berl Akad. 1890.

3) Eder und Valenta, Sitzungsber. Wien. Akad., Juni 1894.

4) Exner und Haschek, Wellenlängentabellen, Leipzig und Wien 1902.

1) Ph. Lenard, Ann. d. Phys. 11, 636, 1903 und 17, 197, 1905.

2) E. Goldstein, Verh. D. Phys. Ges. 6, 156 u. 185, 1904.

mäßigen Komplexen eine Vorbedingung.[1]) Werden durch übermäßig starke Kräfte (Flaschenentladungen) diese regelmäßigen Aggregate gesprengt und in Einzelteilchen zerlegt, so fallen auch die regelmäßig gebauten Spektra fort, und es treten die serienfreien Linien auf, welche also erst den eigentlich freien, bzw. isolierten Gasteilchen entsprechen würden.

Es sei gestattet, diese dem elementarsten Zustande angehörigen Spektra durch einen Namen zu unterscheiden und sie als Elementarspektra oder kürzer als „Grundspektra" der betreffenden Substanzen zu bezeichnen.

Bei geringen Intensitäten bzw. Dichten der Entladung würden also nur Komplexe von Gasteilchen leuchten; bei mittleren Entladungsstärken würde ein Teil der Komplexe zerlegt werden und dem materiellen Gemisch entsprechend eine Superposition der zugehörigen beiden Spektralformen auftreten; bei den stärksten Entladungen würden nur isolierte Teilchen mit dem Grundspektrum existieren. Die bisherigen Untersuchungen der Alkalimetalle (Lecoq, Eder und Valenta, Exner und Hasehek usw.) entsprechen der Verwendung mittlerer Intensitäten, welche stark genug sind, einen Teil der Aggregate zu zerlegen und dadurch Linien der Grundspektra außer den Serienlinien der restierenden Aggregate auftreten zu lassen, während sie noch nicht stark genug sind, sämtliche Aggregate zu zerstören und dadurch die Serienlinien auszulöschen.

Tabellen und Zeichnungen der Grundspektra von Cäsium, Rubidium und Kalium sollen auf Grund der photographischen Aufnahmen später veröffentlicht werden. Für die vorliegende Mitteilung sollen nur die hellsten Maxima aufgeführt werden. Die hellsten Linien des Grundspektrums von Cäsium haben die Wellenlängen:

592,8	525	487
584	523	483
556	505	466
537	497	460,3
535	495,5	

Die für das Bogen- und das Flammenspektrum so charakteristischen hellen Cäsiumlinien 459 und 455 sind (wie alle übrigen Linien des Serienspektrums) unsichtbar. Die Zahl der weniger hellen neuen Linien ist sehr erheblich größer. Das Cäsiumspektrum reicht über H_α hinaus und bildet im Rot von etwa λ 645 bis 600 eine Reihe von zahlreichen dichtgedrängten, wenn auch nicht besonders hellen Linien.

Um so auffallender ist die Kahlheit des Rot im Grundspektrum des Rubidiums, dessen Serienspektrum ja gerade in diesem Teile durch mehrere sehr helle Linien charakterisiert ist. Die hellen Linien dieses Grundspektrums beginnen erst im Grün, die hellsten Linien derselben überhaupt sind:

552,6	453
515,2	429,5
477,7	427,3
457,6	424,8

Kalium hat im Rot außer der schon von Lecoq bemerkten Linie 611 noch zwei helle Linien 624,5 und 630. Weniger helle Linien sollen später mitgeteilt werden. Gemischt mit Serienlinien hat Lecoq auch im Grün und Blau schon mehrere Linien des Grundspektrums beobachtet. In den hellsten Linien besteht das letztere aus den Wellenlängen:

630	483	439	418
624,5	461	431	415
611	451	426	413
501	447	422	411

Zum Vergleich setze ich noch die Hauptlinien des Serienspektrums von Kalium hierher:

770	581	532
767	580	404,7
694	578	404,4
691	536	
583	534	

Die Vermutung liegt nahe, daß das Auftreten verschiedener Linienspektra bei einem und demselben Element nicht auf Alkalimetalle (und einige einatomige Gase) beschränkt sei. In der Tat sprechen, wenn auch Abschließendes noch nicht anzugeben ist, Anzeichen dafür, daß es sich um eine allgemeiner verbreitete Eigenschaft handle. Für verschiedene Metalle sind ja schon seit längerer Zeit deutliche Differenzen zwischen Bogenspektren und Funkenspektren konstatiert worden. Vergleicht man z. B. Tabellen oder Photographien[1]) der mit Bogen und Funken hergestellten Spektra von Silber, Zink, Radium, Kupfer und Quecksilber, so findet man, wie schon verschiedene Autoren hervorgehoben haben, eine Anzahl von Linien, die beim Übergang vom Bogen zum Funken mehr oder weniger geschwächt oder selbst ausgelöscht werden. Stets aber bleibt bei diesem Übergange der weitaus größte Teil der im Bogen auftretenden Linien erhalten und steigt noch in seiner Helligkeit.

Sollten also diesen Metallen — andere zeigen ähnliches — ebenfalls zwei Linienspektra zu-

1) Derartige Komplexbildungen könnten durch verschiedene Ursachen veranlaßt werden, z. B. durch Ionisierung. Die Anschauung, daß mit der Ionisierung von Gasteilchen materielle Disgregation verbunden sei, tritt wohl immer mehr zurück gegen die Annahme, daß bei der Ionisierung Assoziierungen stattfinden. Die letzten Untersuchungen von J. J. Thomson ergeben für ionisierte Wasserstoffteilchen die dreifache Masse eines Wasserstoffatoms.

1) z. B. Hagenbach und Konen, Atlas der Emissionsspektren, Jena 1905.

kommen, so würden auch bei den geringsten bisher verwendeten Entladungsdichten (bzw. Temperaturen) schon beide Spektra miteinander gemischt auftreten. Ihre experimentelle Sonderung wäre erst dann bewirkt, wenn man bei relativ niedriger Temperatur das Spektrum auf eine Anzahl Linien reduzieren könnte, die bei hoher Temperatur (starker Entladung) sämtlich beseitigt und durch Linien von anderer Lage ersetzt würden. Bis dahin könnte eine Unterscheidung von zwei Spektren bei diesen Metallen höchstens in abstracto vorgenommen werden. In dieser Weise hat Herr J. Stark[1]) in der Tat für Quecksilber zwei Linienspektra angenommen.

Dafür aber, daß die zweifachen Linienspektra eine weit verbreitete Eigenschaft darstellen, scheint mir die Tatsache zu sprechen, daß sie — nicht so ausgeprägt wie bei den Alkalien, aber viel markierter als bei den eben erwähnten anderen Metallen — auch bei Elementen auftreten, die von den bisher behandelten so weit abstehen, wie es bei den Halogenen der Fall ist.

Zu dieser Konstatierung führte ein näheres Studium der Halogene nach dem Verfahren, das ich vor längerer Zeit skizziert habe.[2]) Dieses Verfahren gestattete, wie seinerzeit erwähnt, die Bandenspektra auch von Brom und Chlor darzustellen. Die jetzt durchgeführte nähere Untersuchung nun ergab, daß diesen Bandenspektren eine Reihe von Linien aufgelagert sind, etwa wie das Vierlinienspektrum des Wasserstoffs seinem Bandenspektrum. Werden nun starke Flaschenentladungen durch die Brom- oder Chlorröhren gesandt, so wird der überwiegende Teil jener Linien unsichtbar[3]), während ein anderer Teil der Linien heller wird und außerdem zahlreiche neue Linien hell aufleuchten. Dem Bandenspektrum des verdünnten Broms aufgelagert zeigten sich folgende Linien:

Tabelle I.

λ 782 (1)	640 (2)	539,5 (2)	475,6 (2)
753 (3)	635 (6)	534,7 (2)	472 (1)
735 (3)	629 (1)	530,8 (2)	470,7 (4)
727 (1)	628 (1)	524,2 (5)	468 (2)
716 (2)	620 (2)	518,2 (5)	461,5 (2)
711 (2)	617,5 (2)	517 (2)	457,6 (4)
700 (4)	615,3 (1)	505,5 (1)	451,5 (3)
678 (4)	615 (6)	498,3 (5)	452,6 (3)
673 (2)	613 (2)	493 (2)	448 (4)
668,5 (2)	610 (1)	492,5 (2)	447,5 (4)
667 (2)	585 (2)	482 (4)	444,2 (3)
663 (5)	577,8 (2)	478,5 (5)	436,3 (2)
655 (1)	559 (2)	478 (5)	422 (2)
654 (5)	547 (2)	477,2 (1)	
648 (1)			

1) J. Stark, Ann. d. Phys. (4) **16**, 490, 1905.
2) E. Goldstein, Verhandl. Berl. Physik. Ges. S. 38, 1886.
3) Auf photographischen Daueraufnahmen erscheinen von den für das Auge ausgelöschten Bromlinien die stärksten noch in schattenhaften Spuren. Weitere Verstärkung der Entladungsintensität würde vermutlich auch diese Spuren löschen.

Die in Klammern gesetzten kleineren Ziffern bedeuten Intensitätsschätzungen nach 6 Stufen, wobei 6 die größte Helligkeit darstellt.

Bei Einschaltung der Flaschen verschwinden von diesen Linien die nachfolgenden:

Tabelle II.

782	668,5	585	457,6
753	667	577,8	452,6
735	663	547	451,5
727	655	539,5	448
716	654	534,7	447,5
711	620	498,3	444,2
700	617,5	478	
678	615,3	475,6	
673	615	461,5	

Nicht aufgenommen in die vorstehende Tabelle sind mehrere Linien, bei denen es unsicher blieb, ob sie persistieren, oder ob sie ausgelöscht und durch sehr nahe gelegene neue Linien ersetzt werden.

Von 56 Linien sind also durch die Flasche mindestens 33 ausgelöscht.

Was man bisher als das Bromspektrum aufgefaßt hat, ist eine Mischung von auslöschbaren Linien mit Linien des Grundspektrums. Das Auftreten der Mischung beruht wie bei den Alkalimetallen darauf, daß die bisherigen Untersuchungen aus sogleich zu erwähnenden Gründen nicht hinreichend große Entladungsdichten — auf die Masseneinheit des Gases bezogen — verwenden konnten. Man benutzte Entladungsröhren mit Elektroden, welche auch bei geringen Entladungsintensitäten allmählich das Gas, unter Bildung von Metallbromiden bzw. Chloriden, absorbierten. Daher durfte die Gasfüllung nicht unter geringer Dichte erfolgen. Intensive Entladungen (Leydener Flasche) aber waren ganz ausgeschlossen, weil dann die Absorption durch die Elektroden in Bruchteilen einer Minute sich vollzieht. So ergaben sich unter den praktisch auszunutzenden Versuchsbedingungen Entladungsdichten, bei denen eine Anzahl der in Tabelle I aufgeführten Linien schon ausgelöscht sind und daher unbekannt bleiben mußten, während diese Intensitäten eine Reihe anderer, besonders heller Linien nur so weit zu schwächen vermochten, daß sie in den bisherigen Verzeichnissen der Bromlinien selbst noch als charakteristische Hauptlinien aufgeführt werden konnten. Dahin gehören z. B. die bisher für Brom als charakteristisch angesehenen hellen Linien:

λ 699 — 615 — 452,6 — 448 — 447,5 — 444,2.

Hinreichende Verstärkung der Entladungsintensität macht sie sämtlich unsichtbar.

Bei Chlor wurden in dieser Weise 24 Linien ausgelöscht, die ohne Anwendung der Flasche auftreten. Die hellsten schon bei mittleren Entladungsintensitäten unterdrückten Chlorlinien sind:

$$\lambda\, 753 - 741 - 725 - 614 - 466 - 461 - 453 - 439.$$

Eine völlige Übereinstimmung mit dem Verhalten der Alkaligruppe ist, wie schon oben angedeutet, bisher nicht zu konstatieren, insofern bei den Alkalimetallen sämtliche Linien, welche unter gewissen Bedingungen zusammen auftreten, ausgelöscht werden, bei Chlor und Brom nur eine erhebliche Anzahl davon. Falls zwei ganz verschiedene Linienspektra bei *Cl* und *Br* existieren, ist ihre völlige Sonderung also experimentell noch nicht erzielt. Doch scheinen die auslöschbaren Liniengruppen um so reiner aufzutreten, je größer die Röhrenweite, also je geringer cet. par. die Entladungsdichte (freilich auch die Lichtstärke) wird. In dieser Richtung wird die Untersuchung weitergeführt.

Die Untersuchung von Jod auf das Vorhandensein von zwei Linienspektren wird dadurch erschwert, daß bei Einschaltung von Flaschen die Helligkeit des Hintergrundes sich besonders stark ändert. Das Urteil über die Helligkeitsänderung mancher Linien wird dadurch unsicher. Doch ließ sich erkennen, daß eine Anzahl von Linien, die dem Bandenspektrum des Jods aufgelagert sind, z. B.

$$\lambda\, 524 - 520 - 512 - 491,$$

sich wesentlich anders verhalten als viele andere Linien. —

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden zum ersten Male die Formen festgestellt, welche die Spektra von Chlor und Brom annehmen, wenn diese Gase in verdünntem Zustande von kräftigen Flaschenentladungen durchsetzt werden. Frühere Untersuchungen scheiterten an der erwähnten Einwirkung der Gase auf die Elektrodensubstanz. Die von mir benutzten Röhren waren nur mit äußeren (Stanniol-)Belegungen umkleidet. Der Glaube scheint weit verbreitet zu sein, daß durch solche Röhren mit Außenbelegungen kräftige Flaschenentladungen nicht hindurchgetrieben werden können. Diese Annahme ist unzutreffend. Man kann eine derartige Röhre ganz wie eine Elektrodenröhre parallel zu einer Flasche schalten. Wird dann noch eine Luftstrecke in den zur inneren Flaschenbelegung führenden Schließungsbogen eingefügt, so schlagen durch die Röhren kräftig kondensierte Entladungen von großer Helligkeit, die sich auch durch die geänderte Farbe der Entladung von denen unterscheiden, die ohne Flasche durch die Röhre gehen. So schlägt die Entladungsfarbe für Brom aus Pfirsichblütfarbe in Grünblau, für Chlor aus Weiß in Grün, für Jod aus Chamoisgelb in Grün um.

Diese Flaschenentladungen durch die Halogene liefern äußerst linienreiche Spektra, die man nun auch bei sehr geringen Gasdichten beliebig lange beobachten kann, ohne daß das Gas Verbindungen eingeht oder seine Dichte ändert.[1]) So ergaben sich Spektra, die für Chlor und Brom den Linienreichtum der bisherigen Aufnahmen weit übertreffen. Die bisher vollständigste Aufnahme des Chlorspektrums rührt von Eder und Valenta[2]) her. Sie führen zwischen λ 546 und λ 400 im ganzen 110 Linien an. Schon bei der relativ geringen Dispersion eines einzigen Rutherfordprismas, das viele Dublets und enge Gruppen noch als einfache Linien erscheinen läßt, erhielt ich auf Aufnahmen derselben Strecke gerade die doppelte Linienzahl. Ähnlich ist der Linienzuwachs bei Brom.

Besonders augenfällig wirkt das von mir verwendete Verfahren bei den wenigst brechbaren Teilen der Spektra. Vom äußersten Rot bis λ 600 registrieren Plücker und Hittorf[3]) (die Angaben von Eder und Valenta beginnen erst bei Gelb) für Chlor 5 Linien, bis λ 546 im ganzen 16 Linien. Meine Platten geben bis λ 600 34 Linien, bis λ 546 mehr als 80.

Für Brom war die äußerste Linie gegen Rot bisher die von Salet beobachtete Linie 699; ihr folgen bei Salet bis Gelb noch 5 Linien. Eder und Valenta führen als äußerste Linie λ 668 an, dann bis λ 600 noch 15 Linien; meine Beobachtungen ergaben, daß das Flaschenspektrum des Broms noch über λ 700 hinausreicht, und daß es von seiner äußeren Grenze bis λ 600 aus einer dichten Reihe von mehreren Dutzend Linien besteht, von denen ein Teil bei intensiven Entladungen etwas unscharf wird. Noch mehr Linien als die photographische Aufnahme zeigte in diesen dichtgedrängten Reihen die okulare Betrachtung, weil bei der relativ geringen Dispersion auf der Platte nahe benachbarte Linien oft verschmelzen.

Über geeignete Dimensionierung der Röhren und einzelne technische Details der Füllung näheres in der ausführlichen Darstellung, in welcher auch noch eine andere Darstellung der Halogenspektra beschrieben werden soll. —

Die Ermittelungen über Doppelspektra und die oben angedeuteten Annahmen über den Ursprung der Serienspektra legen eine Anzahl

1) Derartige Röhren eignen sich auch zur Untersuchung des Flaschenspektrums bei denjenigen einatomigen Gasen, die bei Flaschenentladungen in Elektrodenröhren absorbiert zu werden pflegen.

2) Eder und Valenta, Sitzungsber. Wien. Akad., April 1899.

3) Plücker und Hittorf, Phil. Trans. 155, 1, 1865. (Neudruck. Leipzig 1904.)

von Folgerungen sowie Anregungen zu neuen Untersuchungen nahe.

Hängen die Serienspektra in der Tat mit Assoziierungen von Gasteilchen zu Komplexen zusammen, so erscheint es prinzipiell auch denkbar, alle solche Komplexe experimentell zu sprengen und damit die Grundspektra der isolierten Teilchen zu erhalten. Darnach würde man ganz neue Spektra noch erwarten dürfen z. B. bei Wasserstoff und bei Helium. Derartige Vermutungen sind noch nicht für widerlegt zu erachten durch den Umstand, daß beide Gase schon oft bei großen Entladungsdichten untersucht worden sind. Denn auch hier könnte der Einfluß des Atomgewichtes mitwirken, und wenn schon bei dem Atomgewichte 23 die für große Atomgewichte wirksamen Mittel unzulänglich werden, so könnten Elemente mit den Atomgewichten 4 und 1 der Zertrümmerung von Komplexen noch viel erheblicheren Widerstand entgegensetzen. — Vielleicht hängt es damit auch zusammen, daß wohl Xenon (Atomgewicht 128), Krypton (82) und Argon (40) zweifache Linienspektra zeigen, daß aber bei Neon (20) bisher nur ein Spektrum beobachtet worden ist. —

Nahegelegt wird eine Untersuchung, ob der Anschein des Fehlens von Kalium, Rubidium und Cäsium auf der Sonne etwa darauf beruht, daß unter den Fraunhoferschen Linien ihre Grundspektra an Stelle der bisher allein gesuchten Serienlinien auftreten. Diese Prüfung hoffe ich in kurzem an geeigneterer Stelle als in meinem fast sonnenlosen Laboratorium durchführen zu können.

Andere Fragen, welche durch die zweifachen Linienspektra angeregt werden, beziehen sich auf ihr Verhalten zum Zeemanschen Phänomen, auf die etwaige Ladung von Linienträgern, auf das Verhalten der Linien gegenüber dem Dopplerschen Prinzip usw. Die Fragestellungen liegen nahe genug, um nähere Ausführungen vorläufig überflüssig zu machen.

(Eingegangen 28. August 1907.)

Über reine Temperaturstrahlung.[1])

Von C. Fredenhagen.

Herr E. Pringsheim[2]) hat durch seine Arbeiten das Interesse auf die Frage gelenkt, ob eine reine Temperaturstrahlung die Emission selektiver Spektren veranlassen könne. Im Anschluß an diese Arbeiten hat Herr Paschen[3]) eine experimentelle Entscheidung dieser Frage zu geben versucht, indem er die von Kohlensäure und Wasserdampf ausgesandte Strahlung untersuchte, und hat auf Grund seiner Versuche die obige Frage bejaht. Ich habe nun darauf hingewiesen, daß man die von einem System, z. B. einer Gasmenge ausgesandte Strahlung als reine Temperaturstrahlung mit Sicherheit nur dann ansprechen kann, wenn die strahlende Gasmenge eine homogene Temperatur besitzt, weil im anderen Falle die vorhandene Temperaturinhomogenität die Ursache von Lumineszenzvorgängen sein kann, welche ihrerseits die Emission von selektiven Spektren veranlassen könnten.[1])

Da nun die Versuche des Herrn Paschen, wie ich an anderer Stelle[2]) zwar nur an einem einzelnen, aber für die von ihm verwandten Versuchsanordnungen typischen Versuch dargelegt habe, unter Bedingungen ausgeführt sind, bei denen eine Temperaturhomogenität der emittierenden Gasmenge direkt ausgeschlossen war, so habe ich mich dahin ausgesprochen, daß die Versuche des Herrn Paschen im Gegensatz zu seiner eigenen Ansicht keinen Beweis dafür erbringen, daß selektive Spektren auf Grund reiner Temperaturemission möglich sind.

Hiergegen wendet sich nun Herr Paschen in einer „Bemerkung zu Behauptungen des Herrn C. Fredenhagen über Versuche von mir".[3]) Soweit sich aus dieser Bemerkung ersehen läßt, hat Herr Paschen gegen die prinzipielle Berechtigung meines Einwandes nichts einzuwenden und gibt auch zu, daß er gegen den von mir speziell diskutierten Versuch, bei dem die Gase durch eine erhitzte Platinspirale geschickt wurden, und bei dem Herr Paschen das Vorhandensein sehr erheblicher Temperaturinhomogenitäten in der beobachteten Gasschicht selbst festgestellt hat, mit Recht erhoben werden kann, aber er erhebt Einspruch dagegen, daß dies für alle seine Versuche zutreffend sei, und schreibt in seiner Entgegnung: „Durch das Ungewöhnliche der Verallgemeinerung von einem einzelnen Versuche auf die „Paschenschen Versuche", Versuche, welche in mehreren Modifikationen ausgeführt wurden, sehe ich mich veranlaßt, folgendes festzustellen: „Die Gase wurden bei meiner zweiten Publikation (Wied. Ann. **51**, 1, 1894) in Röhren erhitzt und in ihnen untersucht. Die Temperaturdifferenzen wurden dabei mit einem Thermoelemente gemessen und als geringfügig gefunden. Bei 480° kamen höchstens Temperaturdifferenzen von 50°, bei 180° solche von 15° vor."

1) Erwiderung auf die Entgegnungen der Hrn. F. Paschen und R. W. Wood.

2) E. Pringsheim, Wied. Ann. **45**, 428, 1892 und **49**, 347, 1893.

3) F. Paschen, Wied. Ann. **50**, 409, 1893; **51**, 1, 1894; **52**, 209, 1894.

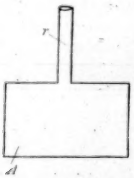
1) Ann. d. Phys. **20**, 133, 1906; diese Zeitschr. **8**, 89, 404 u. 407, 1907.

2) l. c.

3) Diese Zeitschr. **8**, 487, 1907.

Herr Paschen behauptet hiermit also, daß die Versuchsanordnung in seiner von ihm zitierten zweiten Publikation derart gewesen wäre, daß in der beobachteten Gasschicht bei einer Höchsttemperatur von 180° bezw. 480° nur Temperaturdifferenzen von höchstens 15° bezw. 50° vorhanden gewesen wären. Dabei stellte Herr Paschen diese Versuche in folgender Weise an, deren Beschreibung ich mit möglichst seinen eigenen Worten wiedergebe:

„Das dickwandige Metallrohr A (siehe nachstehende Skizze) war etwa 4 bis 5 cm weit und



7 cm lang. An beiden Enden war es durch dünnwandige Kupferbleche geschlossen, in die ein Spalt von 3 cm Länge und einigen mm Breite eingeschnitten war. Mitten auf dem Rohr befand sich eine dünne eingeschraubte Metallröhre r, welche dazu diente, das zu untersuchende Gas in langsamem, aber stetigem Strome durch die Röhre zu leiten. Die Erwärmung geschah durch einen Bunsenbrenner, der sich möglichst unter dem vorderen Teile des Rohres befand. Die Temperaturmessung erfolgte durch ein Thermoelement, und zwar wurde die Temperatur der heißesten Teile der im Rohr befindlichen Kohlensäure gemessen, welche sich möglichst vorne vor dem Spalt befanden. Die Temperatur wurde vor und nach Durchmessung der betreffenden Kurve beobachtet. Da das Thermoelement jedesmal wieder entfernt werden mußte, und da die Einrichtung nicht getroffen war, es immer wieder genau an die gleiche Stelle zu setzen, so fielen die verschiedenen Temperaturangaben etwas verschieden aus."

Hiermit ist alles Wesentliche gesagt, was Herr Paschen selbst über seine Versuchsanordnung angibt.

Man sieht nun ohne weiteres, daß bei dieser Anordnung in der beobachteten Gasmasse sehr viel erheblichere Temperaturdifferenzen vorhanden sein müssen, als Herr Paschen mit den oben wiedergegebenen Angaben zugibt. Das Gas wird nach dem Austritt aus dem Zuführungsrohr r von der wahrscheinlich relativ niedrigen Temperatur, die es hierin erlangt hat, in dem Beobachtungsrohr selbst bis auf die gemessene Maximaltemperatur, in den von Hrn. Paschen zitierten Fällen, also auf 180° bezw. 480° vorgewärmt und kühlt sich dann beim Austritt aus dem Spalt wieder ab, wobei seine Temperatur wahrscheinlich bis nahe auf Zimmertemperatur herabgeht, bevor es an Stellen gelangt, von denen in den Beobachtungsspalt keine Strahlen mehr gelangen können. Ein ähnliches Temperaturgefälle ist außerdem bei dem hinteren Spalt vorhanden, zu dem das Gas ja ebenfalls hinausströmt. Über die Größe dieser Temperaturinhomogenitäten hat Herr Paschen in seiner Arbeit keine Angaben gemacht und ebensowenig die Größe der Durchströmungsgeschwindigkeit des Gases angegeben. Wir sind somit auf eine Schätzung angewiesen, bei der wir aber wohl nur wenig fehlgehen, wenn wir die bei dieser Anordnung in der beobachteten Gasmasse vorhandene Temperaturinhomogenität zu etwa 120° bezw. 400° annehmen, während Herr Paschen in seiner Erwiderung nur 15° bezw. 50° angibt.[1])

Herr Paschen sagt dann noch in seiner Erwiderung, daß bei seiner ersten Anordnung (Durchströmung durch die erhitzte Platinspirale) bei einer Maximaltemperatur von 100° nur Temperaturdifferenzen von $\pm 5°$ vorhanden gewesen wären. Aber diese Angabe bezieht sich nur auf die mit einem Thermoelement gemessenen Temperaturschwankungen in der Achse des in der Luft frei nach oben aufsteigenden Gasstromes, während über die ja zweifellos sehr viel bedeutenderen Temperaturschwankungen von der Achse bis zur äußeren Begrenzung des aufsteigenden Gasstromes, von der aus noch Strahlen in den Beobachtungsspalt gelangen können, von Herrn Paschen keine Angaben gemacht sind.

Es fragt sich nun, ob derartige, also durchaus beträchtliche Temperaturinhomogenitäten in der beobachteten Gasschicht zu Luminiszenzvorgängen und damit zur Emission selektiver Spektren Anlaß geben können. Eine solche Möglichkeit aber muß wohl unbedingt zugegeben werden, auch wenn diese Temperaturinhomogenitäten noch immerhin so gering sind, daß wir mit unseren rein chemischen Hilfsmitteln, die den spektralanalytischen an Empfindlichkeit ja vielfach außerordentlich unterlegen sind, noch keinerlei chemische Umsetzungen nachweisen können. Da Herr Paschen nun bei seinen Versuchen, so dankenswert diese auch in anderer Richtung sind, auf die Wahrung der Temperaturhomogenität der emittierenden Gasmasse nicht geachtet hat, so können die Ergebnisse seiner Versuche auch nicht als Beweis für die Existenz einer selektiven Temperaturstrahlung angesehen werden.

1) Es ist vielleicht möglich, daß die Angaben des Herrn Paschen sich darauf beziehen, daß die vor und nach der Aufnahme einer Kurve an möglichst der gleichen Stelle im Rohr angestellten Temperaturmessungen keine größeren Temperaturdifferenzen ergeben haben.

Hierzu sind eben Versuche nötig, bei denen auch dieser Punkt beachtet wird, und da ich diese Frage angeschnitten habe, so habe ich es auch unternommen, derartige Versuche auszuführen, über deren Ergebnis ich nach ihrer Beendigung berichten werde.

Ich habe seinerzeit schon über Versuche berichtet, die ich im Gebiet der sichtbaren Strahlung in dieser Richtung mit Joddampf ausgeführt habe, und die das Resultat ergaben, daß mit dem Verschwinden der räumlichen und zeitlichen Temperaturinhomogenitäten in dem emittierenden Joddampf das Bandenspektrum in ein kontinuierliches Spektrum überging. Zu dieser Arbeit hat nun auch Herr R. W. Wood[1]) Stellung genommen, wobei sich bedauerlicherweise eine Arbeit, in der ich seine Versuche ausführlich diskutiert habe, mit seiner Entgegnung gekreuzt hat, so daß ich im allmeinen auf diese Ausführungen verweisen und mich auf die Hervorhebung der wesentlichsten Punkte beschränken kann.

Herr R. W. Wood hat gefunden, daß Joddampf in einem weniger wie 0,5 mm starken Quarzfaden bei Erhitzung in einer Glasbläseflamme ein wesentlich selektiveres Spektrum gab, als in einem weiteren Quarzgefäß bei Erhitzung in der gleichen Flamme. Herr Wood sieht die Ursache der Bandenemission in einer reinen Temperaturstrahlung und glaubt, daß schon die Vergrößerung der Schichtdicke um nur wenige Millimeter das Spektrum merklich kontinuierlicher macht. Alsdann müßte jedoch auch das Absorptionsspektrum des Joddampfes bei einer gleich geringen Vergrößerung der Schichtdicke merklich kontinuierlicher werden, was wohl wenig wahrscheinlich ist (vgl. z. B. F. Paschen, Wied. Ann. **51**, 30 ff., 1894).

Da weiter Joddampf schon bei Temperaturen von etwa 1200° nach den Untersuchungen von H. Konen[2]) in Absorption keine Banden mehr erkennen läßt, und bei den Versuchen des Herrn Wood diese Temperatur um mehrere 100° überschritten ist, wobei der dünne Quarzfaden überdies noch eine erheblich höhere Temperatur als das stärkere Rohr besitzt, so sollte man von dem Standpunkte der Temperaturstrahlung aus erwarten, daß man bei den Woodschen Versuchen eine kontinuierliche Strahlung erhalten sollte, wobei die Kontinuität der Strahlung des dünnen Quarzfadens die des weiteren Rohres noch an Vollkommenheit übertreffen müßte, also ein Resultat, welches dem experimentellen Befunde in allen Punkten widerspricht.

Bei meiner Auffassung, bei der die Emission der Banden eine Folge von Lumineszenzvorgängen ist, fallen diese Unstimmigkeiten fort, wie ich an der erwähnten Stelle ausführlich dargelegt habe. Denn die Intensität der Lumineszenzvorgänge steigert sich mit der Größe der Temperaturschwankungen, denen der Joddampf ausgesetzt ist, und diese sind bei den von Herrn Wood angewandten Bedingungen in dem dünnen Quarzfaden weit beträchtlicher als in dem stärkeren Rohr, so daß hiernach ein Resultat zu erwarten wäre, wie es dem tatsächlichen Ergebnis entspricht.

Herr R. W. Wood erhebt dann noch Bedenken, daß die bei meinen Versuchen mit homogener Temperatur im elektrischen Ofen gefundene kontinuierliche Strahlung durch falsches Licht verursacht sei. Nun habe ich allerdings auf die Vermeidung dieser Fehlerquelle alle mögliche Sorgfalt verwandt und glaube deshalb nicht, daß dieser Einwand zutreffend ist, doch bin ich bereits damit beschäftigt, den Versuch unter erheblich günstigeren Versuchsbedingungen zu wiederholen.

Leipzig, Theoret.-physik. Inst., 11. August 1907.

(Eingegangen 15. August 1907.)

1) R. W. Wood, diese Zeitschr. **8**, 517, 1907.
2) H. Konen, Wied. Ann. **65**, 279, 1898.

Spektrophotometrische Untersuchungen über das Absorptionsvermögen und die Fluoreszenz des Resorufins.

Von Frances G. Wick.

Es ist häufig beobachtet worden, daß die Farbe des von einer fluoreszierenden Lösung ausgesandten Lichtes sich bei einer Änderung der Konzentration der Lösung verändert. Beispielsweise gibt eine verdünnte Lösung von Fluoreszein eine grüne Fluoreszenz, während das von einer konzentrierten Lösung desselben Stoffes ausgesandte Licht deutlich eine gelbe Farbe zeigt. Mit anderen Worten: eine Konzentrationszunahme hat eine Verschiebung des Maximums des Fluoreszenzspektrums nach der Seite der längeren Wellen hin im Gefolge.

Eine solche Verschiebung kann die Folge einer wirklichen Änderung in der Schwingungsperiode der fluoreszierenden Moleküle sein; das heißt, die Form des typischen Fluoreszenzspektrums kann von der Konzentration der Lösung abhängen. Die beobachtete Veränderung des Fluoreszenzspektrums kann aber ebensogut die Folge einer Änderung des Absorptionsvermögens der Lösung sein. Das Licht, welches von Teilen der aktiven Substanz im Innern der Lösung ausgesendet wird, muß vor seinem Austritt durch die Lösung hindurchgehen, und wird infolgedessen durch Absorption geschwächt. Da das Maximum des Fluoreszenzspektrums nicht bei derselben Wellenlänge

auftritt wie das Maximum der Absorption, vielmehr immer ein wenig in der Richtung nach den längeren Wellen hin verschoben ist, so ist es klar, daß verschiedene Teile des Fluoreszenzspektrums durch die Absorption in verschiedenem Maße beeinflußt werden; die kürzeren Wellen werden stets am stärksten absorbiert werden. Das Maximum des Fluoreszenzspektrums ist daher immer um etwas nach dem roten Ende hin verschoben, und das erhöhte Absorptionsvermögen konzentrierter Lösungen läßt die aus dieser Ursache erfolgende Verschiebung mit der Konzentration zunehmen.

Die Versuche, über welche in der vorliegenden Arbeit berichtet werden soll, bezweckten eine Entscheidung darüber, ob sich das typische Fluoreszenzspektrum mit der Konzentration ändert, oder ob die erwähnte Verschiebung nur eine Folge der Absorption ist. Diese Versuche wurden auf die Anregung der Herren Prof. Nichols und Prof. Merritt hin unternommen, denen ich an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte. Wenn meine Arbeit Ergebnisse von irgendwelchem Wert gezeitigt hat, so sind diese ihrem Rat und ihrer freundlichen Kritik zu danken.

Die benutzte Substanz war Resorufin, dessen kräftige Fluoreszenz im Gelbrot bequem zu erregen und leicht zu beobachten ist. Der experimentelle Teil der Arbeit zerfällt naturgemäß in die folgenden drei Hauptpunkte:

1. Es wurde die Beziehung zwischen Absorption und Schichtdicke untersucht, um festzustellen, ob die Absorption einer fluoreszierenden Lösung dem Exponentialgesetz für optisch vollkommene Stoffe gehorcht oder nicht.

2. Es wurde die Beziehung zwischen Absorption und Konzentration untersucht, um die Anwendbarkeit des Beerschen Gesetzes[1]) zu prüfen, nach welchem eine Zunahme der Konzentration einer Lösung mit einer Zunahme der Schichtdicke gleichwertig ist.

3. Es wurde das Fluoreszenzspektrum von sechs Resorufinlösungen untersucht, um festzustellen, ob bei einer Konzentrationsänderung irgendwelche Verschiebung des Fluoreszenzmaximums erfolgt.

Die beiden ersten der betrachteten Probleme sind bereits bis zu einem gewissen Grade von B. Walter[2]) und von Nichols und Merritt[3]) untersucht worden. Die Ergebnisse am Resorufin, welche ich hier mitteilen werde, stehen vollkommen im Einklang mit denen, welche diese Forscher an anderen Stoffen erhalten haben.

1) Beer, Pogg. Ann. **86**, 78.
2) B. Walter, Wied. Ann. **34**, 316, 1888.
3) Nichols and Merritt, Studies in Luminescence, Phys. Rev. **18—21**.

Geschichtliches.

Die Geschichte der Untersuchungen über Fluoreszenz, soweit sie die oben erwähnten Probleme berühren, ist kurz folgende:

Im Jahre 1888 fand B. Walter[1]) unter Verwendung eines Vierordtschen Spektrophotometers, daß das Verhältnis zwischen dem ausgesandten Fluoreszenzlicht und dem gesamten einfallenden Licht, welches absorbiert wird, mit der Verdünnung wächst. Diese Gesetzmäßigkeit hatte schon vorher Lommel[2]) vermutet, dessen mathematische Theorie Walter[3]) zur Bestätigung seiner eigenen Ergebnisse benutzte. Im Zusammenhang hiermit untersuchte Walter durch vier Messungen das Beersche Absorptionsgesetz[4]) für Fluoreszein. Er fand, daß dieses Gesetz für verdünnte Lösungen gültig ist, aber nicht für konzentrierte.

Walter[5]) faßt seine Schlußfolgerungen kurz etwa folgendermaßen zusammen: „Die Fähigkeit, Fluoreszenz zu erregen, $\frac{Fl}{A}$, ist bei den ganz konzentrierten Lösungen unendlich klein oder null. Nachdem $\frac{Fl}{A}$ einen meßbaren Wert erreicht hat, nimmt es im Verhältnis mit der Verdünnung bis zu einer als „kritischer Punkt" bezeichneten Verdünnung zu. Bei größeren Verdünnungen bleibt $\frac{Fl}{A}$ konstant."

Zur Erklärung des vorstehenden Ergebnisses stellt Walter[6]) eine Molekulargruppentheorie auf, die deshalb von Interesse ist, weil sie tatsächlich der heutigen von Buckingham[7]) aufgestellten Ionisationstheorie voraufgeht. Walter faßt seine Theorie zu folgenden Sätzen zusammen:

1. Jedes einzelne Molekül einer gegebenen gelösten Substanz absorbiert, solange es im Einzelzustande verbleibt, denselben Bruchteil des auffallenden Lichtes, einerlei, wie groß sein Abstand von anderen Molekülen sein mag.

1) B. Walter, Wied. Ann. **33**, 316, 1888.
2) Lommel, Pogg. Ann. **160**, 76, 1877.
3) B. Walter, Wied. Ann. **36**, 502, 1889.
4) Beer, Pogg. Ann. **86**, 78.
5) Anm. des Übersetzers: Die angeführte Stelle heißt im Wortlaut (Wied. Ann. **36**, 517—518, 1889) folgendermaßen: „Das Fluoreszenzvermögen der ganz konzentrierten Lösungen des Fluoreszeins ist null oder unendlich klein; erst bei der Verdünnung $^1/_{25}$ erhält es einen meßbaren Wert, um dann bei fortschreitendem Verdünnen sehr schnell und zuerst auch ziemlich gleichmäßig anzuwachsen. Schon von der Verdünnung $^1/_{100}$ ab wird aber die Zunahme des Fluoreszenzvermögens bei weiter fortgesetztem Verdünnen eine immer allmählichere und hört von der Konzentration $^1/_{3200}$ an ganz auf, so daß also das Fluoreszenzvermögen von hier ab bis zu unendlich großen Verdünnungen hin — meine Beobachtungen gehen bis zur Verdünnung $^1/_{6533600}$ — konstant bleibt."
6) B. Walter, Wied. Ann. **36**, 518, 1889.
7) E. Buckingham, Zeitschr. f. phys. Chem. **14**, 129, 1894.

2. Jedes einzelne Molekül einer gegebenen fluoreszierenden Substanz in Lösung verwandelt, solange es im Einzelzustande ist, denselben Bruchteil des absorbierten Lichtes in Fluoreszenzlicht, einerlei wie groß sein Abstand von benachbarten Molekülen sein mag.

3. Sobald die Moleküle sich zu Gruppen zu vereinigen beginnen, hört die Gültigkeit dieser Sätze auf. In einer solchen Gruppe hört die Fluoreszenz gänzlich auf, und die Absorption erstreckt sich über Wellenlängen, welche ein einzelnes Molekül nicht zu absorbieren vermag. [1])

Walters Vorstellung vom Einzelmolekül scheint nahezu dem zu entsprechen, was wir heute als Ion kennen.

Im Jahre 1894 führte E. Buckingham [2]) eine Reihe sorgfältiger Untersuchungen aus, um herauszufinden, ob sich fluoreszierende Substanzen in einem Ionisationszustande befinden oder nicht. Seine Untersuchungen führten ihn zu dem Schlusse, daß die Fluoreszenz, wenigstens in einigen Fällen, auf Ionisation beruht und nur von dem Teile der Lösung ausgeht, welcher ionisiert ist. Gewisse Ionen besitzen neben ihren übrigen wohlbekannten optischen Eigenschaften dieses Fluoreszenzvermögen.

Die spektrophotometrischen Arbeiten von Nichols und Merritt behandeln viele der Erscheinungen an fluoreszierenden Stoffen; ich brauche hier nur einige wenige davon zu erwähnen. Die nachstehenden Tatsachen, welche die genannten Forscher am Fluoreszein beobachtet haben [3]), gelten auch für das Resorufin, wie ich im dritten Teile dieser Arbeit zeigen werde:

1. Die charakteristische Fluoreszenzbande liegt nahe am Rande der Absorptionsbande und ist an der dem violetten Ende zugekehrten Seite steiler.

2. Wenn Fluoreszenzlicht durch größere Schichtdicken einer Flüssigkeit hindurchgeht, so wird die Lage des Fluoreszenzmaximums nach Rot hin verschoben.

3. Der Einfluß, welchen die Verdünnung einer Lösung ausübt, ist ähnlich dem Einfluß der Verminderung der Strecke, welche das Fluoreszenzlicht durchläuft.

Beobachtungsmethode.

Ich benutzte für meine Untersuchungen ein Lummer-Brodhunsches Spektrophotometer. Die Kollimatorröhren A und B (Fig. 1) wurden so

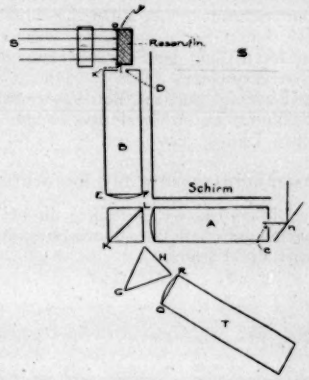


Fig. 1. Apparat zur Messung der Fluoreszenz eingestellt.

eingestellt, daß das vom Spalte C ausgehende Bild der Natriumlinie mit dem vom Spalte D ausgehenden Bilde derselben Linie zusammenfiel. Diese Linie wurde auf den Teilstrich 10 des an dem Fernrohr T angebrachten Nonius eingestellt und das Instrument in dieser Stellung festgeklemmt.

Die Lichtquelle war eine Azetylenflamme S. Das von ihr ausgehende Licht wurde von einem Blocke n aus Magnesiumkarbonat, der unter einem Winkel von 45° gegen die Achse des Kollimatorrohres A aufgestellt war, diffus reflektiert. Zur Beobachtung der Durchlässigkeit wurde ein ähnlicher Magnesiumkarbonatblock vor dem Spalte D aufgestellt.

Die Untersuchungen wurden in einem Raume mit schwarzen Wänden ausgeführt, in welchem die Azetylenflamme die einzige Lichtquelle bildete. Schirme wurden so aufgestellt, daß keinerlei falsches Licht auf irgendwelchen Teil des Instrumentes fallen und dadurch zu Fehlern Veranlassung geben konnte.

Die zu untersuchende Lösung wurde vor den Spalt D gebracht, dessen Breite während jeder einzelnen Beobachtungsreihe konstant gehalten wurde. Die Okularlinsen des Fernrohrs

1) Anm. des Übersetzers: Der ursprüngliche Wortlaut dieser Sätze in der Walterschen Arbeit heißt:
1. „Jedes einzelne Molekül einer in Lösung befindlichen Substanz absorbiert, solange es in diesem Einzelzustande verbleibt, von jeder darauf fallenden Lichtgattung stets denselben Bruchteil, wie groß auch in dem Lösungsmittel sein Abstand von den Nachbarmolekülen sein möge."
2. „Jedes einzelne Molekül eines in Lösung befindlichen fluoreszierenden Körpers verwandelt, solange es in diesem Einzelzustande verbleibt, stets denselben Bruchteil einer absorbierten Lichtintensität in Fluoreszenzlicht, wie groß auch in dem Lösungsmittel sein Abstand von den Nachbarmolekülen sein möge."
3. „Sobald aber die Moleküle anfangen, sich zu Gruppen zusammenzulagern, hört auch die Gültigkeit dieser Sätze auf, denn die Absorption einer solchen Molekülgruppe erstreckt sich, wie wir später sehen werden, auch über Wellenlängen, die das Einzelmolekül nicht mehr zu absorbieren vermag; die Fluoreszenz dagegen hört in einer solchen Molekülgruppe ganz auf."

2) E. Buckingham, a. a. O.

3) Nichols und Merritt, Phys. Rev. 18, Nr. 6, 1904.

wurden entfernt und das Auge auf die durch das Objektiv des Fernrohres T vergrößert erscheinende Prismenfläche eingestellt.

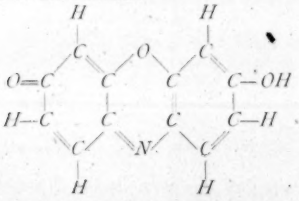
Bei den Beobachtungen wurde die Breite des Spaltes C mittels einer Mikrometerschraube so eingestellt, daß das von KL reflektierte mittlere Lichtband mit dem von D her kommenden und durch den oberen und unteren Teil des Würfels hindurchgegangenen möglichst gut zum Zusammenfallen gebracht wurde.

Die mitgeteilten Resultate stellen Durchschnittswerte aus 5 bis 6 Einstellungen dar, bei denen der Nullpunkt der bei C angebrachten Schraube sorgfältig bestimmt war, und bei denen Sorge getroffen war, etwaige aus dem toten Gang der Schraube entstehenden Fehler zu vermeiden.

Zur Eichung wurden die Wasserstofflinien einer Vakuumröhre im Verein mit einigen Fraunhoferschen Linien verwendet.

Zusammensetzung des Resorufins.

Weselskis Diazo-Resorufin[1]), die bei diesen Untersuchungen benutzte fluoreszierende Substanz, hat die Formel:



In absolutem Alkohol gelöst hat es eine hellrote Farbe und eine scharf begrenzte Fluoreszenzbande, die sich von 0,54 μ bis zur Grenze des sichtbaren Spektrums im Rot erstreckt. Das Durchlässigkeitsspektrum ist in Tabelle I und in Fig. 2 wiedergegeben und zeigt die Absorptionsbande, welche dieser Fluoreszenzbande entspricht, sowie eine kleinere Absorptionsbande im Gebiete des äußersten Violett.

1) Chem. Ber. **22**, 3036. Ich habe Herrn Professor W. R. Orndorff dafür zu danken, daß er mir in liebenswürdiger Weise das bei dieser Arbeit verwendete Resorufin hergestellt hat.

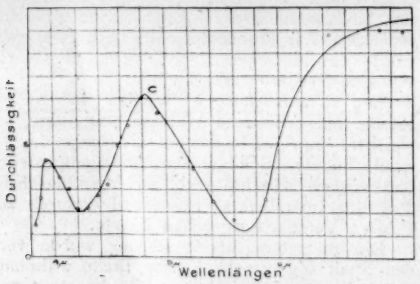


Fig. 2. Durchlässigkeitsspektrum einer 1,075 cm dicken Schicht. Konzentration $^1/_8$.

Tabelle I.

Durchlässigkeit einer Resorufinschicht von 1,075 cm Dicke. Konzentration $^1/_8$

$\mathcal{J}_0$ = Intensität des Lichtes vor dem Durchgang.
$\mathcal{J}$ = Intensität des Lichtes nach dem Durchgang.
λ = Wellenlänge.

λ in μ	$\mathcal{J}_0$	$\mathcal{J}$	$\frac{\mathcal{J}}{\mathcal{J}_0}$ = Durchlässigkeit
0,384	45	6	0,111
0,39	46	12	0,261
0,394	46	20,25	0,438
0,407	46	16	0,347
0,413	46	13,625	0,297
0,42	46	9,75	0,213
0,429	46	9,95	0,217
0,438	45,5	12,1	0,266
0,448	45,5	14,15	0,32
0,457	45,05	22,275	0,497
0,468	45,05	25,975	0,579
0,48	45,725	32,05	0,70
0,492	45,725	28,875	0,63
0,508	44,7	24,4	0,538
0,524	44,7	17,575	0,394
0,542	46,27	11	0,241
0,562	46,41	7,525	0,162
0,589	46,25	11,64	0,253
0,614	46,55	32,275	0,706
0,646	46,623	45,625	0,981
0,69	44,525	44	0,99
0,72	41,25	41	0,99

Bei dieser Untersuchung gelangten verschiedene Konzentrationen der Resorufinlösung zur Anwendung. Sie sind nur relativ und sollen als „Konzentration $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_8$, $^1/_{16}$, $^1/_{32}$, $^1/_{64}$ und $^1/_{128}$" bezeichnet werden; dabei ist die ursprüngliche Lösung als $^1/_1$ angenommen. Alle auf diese Konzentrationen bezüglichen Kurven sind bzw. durch die Buchstaben A, B, C, D, E, F und G gekennzeichnet.

Absorption und Schichtdicke.

Das erste zu betrachtende Problem bestand, wie oben gesagt, darin, festzustellen, ob eine fluoreszierende Lösung sich wie eine optisch vollkommene Substanz gegenüber dem Lambertschen Absorptionsgesetz verhält, das heißt, ob

$$\mathcal{J} = \mathcal{J}_0 e^{-\beta x}$$

ist, wo $\mathcal{J}_0$ und $\mathcal{J}$ die Intensitäten vor und nach dem Durchgange sind, und x die Dicke der absorbierenden Schicht ist.

Zur Prüfung dieses Gesetzes berechnete ich den Absorptionskoeffizienten β aus Beobachtungen an Zellen von verschiedener Innenweite. Die Ausmessung dieser Zellen wurde mit großer Sorgfalt ausgeführt.

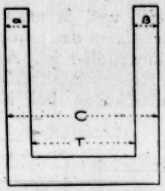


Fig. 3.

Die größere Zelle (Fig. 3) wurde mit der Mikrometerlehre ausgemessen. Glasdicke $= a$, β; äußere Dicke des Teiles der Zelle, welcher durchstrahlt wird $= C$; innere Dicke $= T$:

$$T = C - (\alpha + \beta) = 2{,}05 \text{ cm}.$$

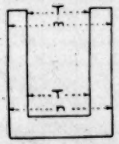


Fig. 4.

Bei der kleineren Zelle konnte die Mikrometerlehre zur Messung der Glasdicke nicht angewendet werden. Ich brachte die Zelle unter ein Schlittenmikroskop und maß die durchschnittliche innere Dicke am oberen Ende. Die äußere Dicke an den in der Figur angegebenen Stellen wurde mit der Mikrometerlehre gemessen.

$$T = T' + (n - m) = 1{,}075 \text{ cm}.$$

Ich nahm an, daß die Dicke des Glases vom oberen bis zum unteren Ende der Zelle konstant blieb, denn Bruchstücke desselben Glases zeigten keine größeren Abweichungen als 0,01 mm.

Zur Bestimmung der Durchlässigkeit brachte ich die mit Resorufin gefüllte Zelle vor den Spalt D (Fig. 1), wobei ich darauf achtete, daß kein Licht unmittelbar von S die Zelle treffen konnte, und ließ das Licht von dem vor dem Spalt D stehenden Magnesiumkarbonatblock (in der Figur nicht angegeben) hindurchgehen. Die Ablesung von C wurde vorgenommen, um die relative Intensität $\mathcal{J}$ des durchgelassenen Lichtes für verschiedene Wellenlängen zu bestimmen. Nach jeder Beobachtung wurde die Zelle mit dem Resorufin entfernt und eine ganz gleiche mit absolutem Alkohol gefüllte an ihre Stelle gebracht. Die Ablesung von C ergab in diesem Falle den Wert für das einfallende Licht vor der Absorption, also $\mathcal{J}_0$. Aus diesen beobachteten Werten von $\mathcal{J}_0$ und $\mathcal{J}$ im Verein mit der Dicke der absorbierenden Schicht berechnete ich den Absorptionskoeffizienten.

Zur Kontrolle für diese Resultate wendete ich eine abweichende Beobachtungsmethode an. Ich hielt D (Fig. 1) konstant und las nur C_1 für das Licht allein ab. Dann machte ich eine Ablesung von C_2 mit Alkohol vor C und Resorufin vor D.

$$\frac{C_1}{D} = \text{einfallendes Licht } (\mathcal{J}_0),$$

$$\frac{C_2}{D} = \text{durchgelassenes Licht } (\mathcal{J}),$$

$$\frac{\frac{C_1}{D}}{\frac{C_2}{D}} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{\mathcal{J}}{\mathcal{J}_0}.$$

Zur weiteren Kontrolle vertauschte ich die Plätze zwischen Alkohol und Resorufin und brachte den Alkohol vor D und das Resorufin vor C. Dann ist:

$$\frac{D}{C_1} = \mathcal{J},$$

$$\frac{D}{C_2} = \mathcal{J}_0,$$

$$\frac{\mathcal{J}}{\mathcal{J}_0} = \frac{C_2}{C_1}.$$

Aus diesen Daten ergab sich der Wert des Absorptionskoeffizienten für jede einzelne Wellenlänge praktisch als der gleiche wie der nach der ersten Methode gefundene und als unabhängig von der Dicke der Zelle. Absorptionskurven, die nach Durchschnittswerten gezeichnet sind, welche nach beiden Methoden unter Verwendung von Zellen von zweierlei verschiedener Dicke gewonnen worden waren, solche Absorptionskurven sind identisch, wie aus Fig. 5 zu ersehen ist.[1]) Die Absorptions-

1) Die Figuren 5, 6 und 7 geben nur relative Werte für den Koeffizienten wieder. Sie sind nämlich nach Zahlen gezeichnet, die mit gewöhnlichen statt mit natürlichen Logarithmen berechnet worden sind. Um aus den Kurven die in den Tabellen enthaltenen absoluten Werte der Koeffizienten zu erhalten, muß man die Ordinaten mit 2,3 multiplizieren.

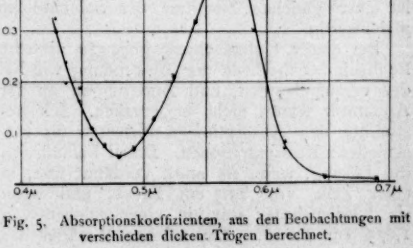


Fig. 5. Absorptionskoeffizienten, aus den Beobachtungen mit verschieden dicken Trögen berechnet.

koeffizienten für verschiedene Konzentrationen sowie auch die Zahlen, auf Grund derer sie berechnet worden sind, habe ich in der Tabelle II angeführt.

Tabelle II.

Absorptionskoeffizient, aus Zahlen berechnet, die mit verschieden dicken Zellen gewonnen sind.

Konzentration = $^1/_{16}$.

J_0 = Intensität des Lichtes vor dem Durchgang.

J = Intensität des Lichtes nach dem Durchgang.

β = Absorptionskoeffizient.

λ in μ	Dicke d. Zelle = 1,075 cm			Dicke der Zelle = 2,05cm		
	J_0	J	β	J_0	J	β
0,429	79,9	35,76	0,7476	81,85	19,95	0,6884
0,438	78,82	48,36	0,4539	80	25,93	0,5495
0,448	80,2	53,58	0,3746	82,45	33,7	0,4363
0,457	79,49	62,55	0,2223	80,6	48,3	0,2495
0,468	81,58	66,12	0,1805*)	80,36	54,5	0,1702*)
0,48	78,94	70,01	0,1175*)	82,28	61,35	0,1267*)
0,492	76,14	64,78	0,15	80,5	57,05	0,1678
0,508	76,55	57,55	0,2653	79,68	43,13	0,2993
0,524	76,8	45,83	0,4808	78,93	29,58	0,4786
0,542	75,64	34,56	0,7283	78,48	17,32	0,7369
0,562	75,91	25,37	1,02*)	78,68	10	1,0304*)
0,589	75,84	30,92	0,8354	79,37	18,97	0,6979
0,614	75,19	63,41	0,1579	79,85	54,08	0,1899
0,646	73,57	72,21	0,0169	80,89	75,8	0,0316
0,69	64,93	63,85	0,0148	71,33	69,2	0,0144

*) Diese Zahlen sind Mittelwerte aus einer Reihe von Beobachtungen.

Die Absorption des Resorufins scheint darnach mit dem Lambertschen Gesetz in Einklang zu stehen. Etwa vorhandene Abweichungen von diesem Gesetz sind mindestens zu klein, um durch die angewendete Versuchsmethode nachgewiesen werden zu können.

Absorption und Konzentration.

Die zweite Versuchsreihe wurde zum Zweck der Untersuchung der Beziehung zwischen der Absorption und der Konzentration unternommen; es sollte dadurch die Gültigkeit des Beerschen Gesetzes für eine fluoreszierende Substanz geprüft werden. Dieses Gesetz lautet: „Eine Zunahme der Konzentration einer Lösung ist einer gleichen Zunahme der Schichtdicke gleichwertig."

Bei dieser Untersuchung gelangte dieselbe Beobachtungsmethode zur Anwendung wie bei der voraufgehenden, und Änderungen an der Apparatur waren nicht erforderlich. Ich bestimmte den Absorptionskoeffizienten für verschiedene Konzentrationen. Dabei befand sich die Lösung, wenn sie stark verdünnt war, in einer Zelle von 2,05 cm Dicke, und wenn sie konzentrierter war, in einer solchen von 1,075 cm Dicke. Ein solcher Wechsel der Zelle ist zulässig, weil ja nach den oben gewonnenen Ergebnissen das Lambertsche Gesetz auf Resorufin anwendbar ist. Auf diese Weise erhielt ich den Absorptionskoeffizienten für verschiedene Wellenlängen bei sieben Konzentrationen.

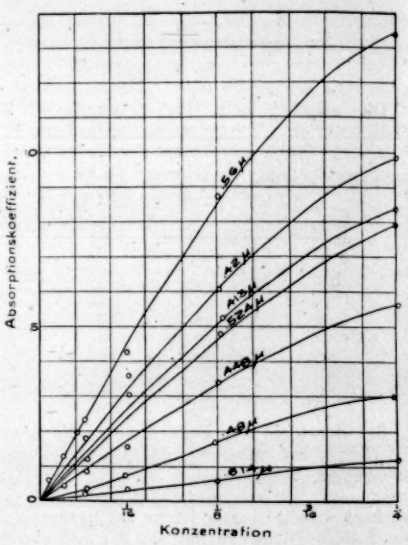


Fig. 6. Kurven für den Einfluß der Konzentrationsänderung auf den Absorptionskoeffizienten für die an den Kurven angegebenen Wellenlängen. (Vergl. Fußnote zu Fig. 5.)

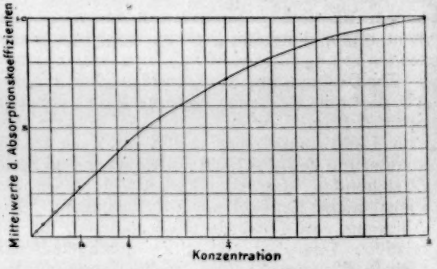


Fig. 7. Mittelwerte des Absorptionskoeffizienten für verschiedene Konzentrationen nach Tabelle III. (Vergl. Fußnote zu Fig. 5.)

Die Fig. 6 und 7 zeigen die Ergebnisse dieser Beobachtungen. Man ersieht aus diesen Kurven, daß der Absorptionskoeffizient bei verdünnten Lösungen direkt proportional mit der Konzentration wächst. Bei konzentrierten Lösungen versagt diese Proportionalität, und die Konzentration nimmt schneller zu als die

Absorption. Dies gilt für sämtliche Wellenlängen; in jedem Falle beginnt die Kurve als eine gerade Linie für verdünnte Lösungen und neigt sich dann abwärts, sobald höhere Konzentrationen erreicht werden.

Tabelle III.

Absorptionskoeffizient für entsprechende Wellenlängen bei verschiedenen Konzentrationen.

λ in μ	Absorptionskoeffizienten bei der Konzentration						
	$^1/_2$	$^1/_4$	$^1/_8$	$^1/_{16}$	$^1/_{32}$	$^1/_{64}$	$^1/_{128}$
0,413	2,254	1,8814	1,2132	0,7125	0,3107	0,1444	0,0276
0,42	2,806	2,2793	1,4237	0,8533	0,4360	0,1984	0,0775
0,448	2,53	1,5364	0,7935	0,3565	0,1860	0,0897	0,0368
0,48	1,336	0,6934	0,3864	0,1734	0,0749	0,0586	0,0367
0,524	3,162	1,8584	1,1247	0,5349	0,2783	0,1453	0,0692
0,562	3,473	3,0797	2,0171	0,989	0,5441	0,3036	0,1442
0,614	0,3864	0,3082	0,1550	0,0995	0,0484	0,0524	0,0265
Mittel:	2,2782	1,6624	1,0162+	0,5313	0,2683	0,1417	0,0597

Fig. 7 gibt den Mittelwert des Absorptionskoeffizienten für die sieben Wellenlängen als Funktion der Konzentration wieder. Diese Kurve wird später zur Auffindung des Absorptionskoeffizienten für verschiedene Verdünnungsgrade benutzt, wobei besonders sorgfältige Messungen bei der Konzentration $^1/_{16}$ als Grundlage für die Berechnung dienen. Die so erhaltenen Werte, die in der Tabelle IV angegeben sind, wurden bei allen folgenden Berechnungen, bei denen der Absorptionskoeffizient in Frage kam, benutzt.

er sagt, die Moleküle in einem „Einzelzustande". Die Konzentration $^1/_8$ kann als seine „kritische Verdünnung" angesehen werden, bei welcher eine Veränderung im Verhalten der fluoreszierenden Substanz Platz zu greifen scheint. Lösungen von größerer Konzentration als $^1/_8$ entsprechen denen, die Walter „unvollkommen" genannt hat, und in denen „Molekulargruppen" vorkommen.

Legt man sie nach der Ionentheorie aus, so besagt die Kurve (in Fig. 7), daß in Verdünnungen von weniger als $^1/_8$ ein Zustand vollkommener oder nahezu vollkommener Ionisation erreicht ist. An diesem Punkt tritt eine Wandlung ein, insofern als mehr Resorufin in der Lösung enthalten ist als ionisiert wird. Bei weiterer Steigerung der Konzentration bleibt mehr und mehr von der Lösung undissoziiert. Es scheint, als besitze das nichtdissoziierte Resorufin nicht nur kein Fluoreszenzvermögen, sondern als sei es auch viel weniger wirksam als Absorptionsursache als die dissoziierte Substanz.

Fluoreszenz und Konzentration.

Zur Beobachtung des Fluoreszenzspektrums wurde das Spektrophotometer in der oben beschriebenen Weise eingestellt. Vor den Spalt D (siehe Fig. 1) brachte ich einen Glastrog von 5,4 cm Länge, welcher die Resorufinlösung enthielt. Dieser Trog war vollständig von schwarzem Papier bedeckt, mit Ausnahme eines etwa 1,5 cm hohen Streifens über der Unter-

Tabelle IV.

Absorptionskoeffizienten, berechnet nach Durchschnittswerten aus sorgfältigen Beobachtungen bei der Konzentration $^1/_{16}$ und Werte für die Kurve, welche die Mittelwerte der Absorption als Funktion der Konzentration darstellt.

λ in μ	Absorptionskoeffizienten bei der Konzentration						
	$^1/_2$	$^1/_4$	$^1/_8$	$^1/_{16}$	$^1/_{32}$	$^1/_{64}$	$^1/_{128}$
0,524	2,1986	1,60471	0,9841	0,51313	0,2599	0,12995	0,0651
0,542	3,266	2,385	1,455	0,76245	0,38398	0,19251	0,09637
0,562	4,3608	3,175	1,946	1,0177	0,5154	0,25783	0,1288
0,589	2,7324	1,995	1,219	0,63733	0,3227	0,16146	0,0807
0,614	0,49335	0,36087	0,22157	0,115322	0,05842	0,0292	0,0146
0,646	0,95588	0,0698	0,0428	0,0223	0,0113	0,00575	0,00283

Die obigen Ergebnisse stimmen in jeder Hinsicht mit den von Walter mitgeteilten[1]) überein. Das Beersche Gesetz gilt für verdünnte Lösungen, versagt aber bei größeren Konzentrationen, wie dies aus der Abweichung der Kurve von einer geraden Linie hervorgeht. Der geradlinige Verlauf der Kurve (Fig. 7) bis hinauf zu der Konzentration $^1/_8$ entspricht dem, was Walter als „vollkommene Lösung" bezeichnet; in einer solchen sind, wie

1) B. Walter, Wied. Ann. **36**, 502 und 518, 1889.

kante der dem erregenden Licht S' zugekehrten Vorderfläche, und zweier schmaler Streifen x und y. Die Öffnung x diente dazu, dem Licht den Eintritt in den Spalt des Kollimators zu gestatten, während die gerade gegenüberliegende Öffnung y nur für die Einstellung gebraucht wurde. Die zur Fluoreszenzerregung benutzte Beleuchtungsquelle war eine Reihe von vier Azetylenflammen S'. Zwischen diese und die fluoreszierende Lösung war ein mit Wasser gefüllter Glastrog eingeschaltet, um einer Erwärmung des Resorufins vorzubeugen. Als

Vergleichslichtquelle diente ein weiterer Azetylenbrenner S. Das von diesem ausgehende Licht wurde durch einen Magnesiumkarbonatblock auf den Spalt C reflektiert. Der Trog mit dem Resorufin wurde so aufgestellt, daß Licht von der ganzen der inneren Glasfläche zunächst befindlichen Schicht der Lösung in den Spalt D des Kollimators gelangte.

Es ist klar, daß ein Teil des Fluoreszenzlichtes von der Lösung absorbiert wird, bevor es D erreicht. Ich habe auch bereits auf den Umstand aufmerksam gemacht, daß diese Absorption für verschiedene Teile des Fluoreszenzspektrums verschieden sein wird. Wenn daher die Fluoreszenz in der oben angegebenen Weise gemessen wird, so wird die Anbringung einer Korrektion für die Absorption erforderlich, damit man das typische Fluoreszenzspektrum festlegen kann. Für die Ausführung dieser Korrektion habe ich zwei Methoden angewendet. Bei der ersten Methode wurde die erforderliche Korrektion S auf folgende Weise berechnet:

Fig. 8.

Es sei P (siehe Fig. 8) ein beliebiger Punkt auf dem Spalte. Das nach P gelangende Licht kommt aus einem Kegel in der fluoreszierenden Flüssigkeit, dessen Spitze in P liegt. Der Winkel dieses Kegels wird durch die Apertur des Objektivglases EF des Kollimators bestimmt. Jeder Teil dieses Kegels, der durch die Glaswände des Troges oder durch die Oberfläche der Lösung abgeschnitten wird, wird durch totale Reflektion ersetzt.

Betrachten wir nun eine Scheibe, die von zwei Kreisschnitten dieses Kegels begrenzt wird, welche im Abstande x und $x + dx$ vom Scheitel P liegen (siehe Fig. 9). Die Menge des Fluo-

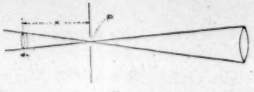


Fig. 9.

reszenzlichtes, welche von einer solchen Scheibe aus nach P gelangt, wird unabhängig von x sein, vorausgesetzt, daß keine Absorption erfolgt; denn während der Flächeninhalt des Querschnittes sich wie x^2 ändert, ändert sich die Intensität des von jedem kleinen Stückchen der Scheibe nach P gelangenden Lichtes wie $\frac{1}{x^2}$. Das Fluoreszenzlicht, welches von einer solchen Scheibe aus nach P gelangen würde, wenn keine Absorption vorhanden wäre, ist also kdx, wo k eine Funktion der Wellenlänge λ ist.

Nun wird das Licht, welches von jedem einzelnen Querschnitt des Kegels ausgesandt wird, teilweise absorbiert. Wir erhalten daher für das von einer solchen Scheibe auf P fallende Licht:

$$di = kdx \cdot e^{-\beta x},$$

und für die gesamte aus dem ganzen Kegel nach P gelangende Lichtmenge:

$$i = k \int_0^a e^{-\beta x} dx,$$

wo a die Schichtdicke der fluoreszierenden Lösung ist. Daraus folgt:

$$i = k \frac{1 - e^{-\beta a}}{\beta}$$

und

$$k = \frac{\beta i}{1 - e^{-\beta a}}.$$

In diesem Ausdruck bezeichnet i das Licht, welches auf einen unendlich kleinen Teil des Spaltes fällt, und es ist klar, daß die gesamte auf den Spalt fallende Lichtmenge proportional i sein muß. Es ist ferner offensichtlich, daß k der gesamten Lichtmenge f von der betrachteten Wellenlänge proportional ist, welche von jeder Volumeinheit der fluoreszierenden Lösung ausgestrahlt wird. Wir erhalten somit:

$$f = \frac{k\beta\mathcal{J}}{1 - e^{-\beta a}}.$$

Die Kurve, welche die Beziehung zwischen f und λ darstellt, ist das „typische Fluoreszenzspektrum".

Um den Einfluß der Konzentration auf die Lage der Fluoreszenzbande zu untersuchen, führte ich Beobachtungen mit sechs Konzentrationsgraden aus. Tabelle V gibt die Werte für die beobachtete Fluoreszenz wieder, bevor

Tabelle V.

Beobachtete Intensität der Fluoreszenz vor Anbringung der Korrektion für die Absorption. Die Messungen sind nach der ersten Methode ausgeführt; die Fluoreszenzerregung erstreckte sich über die ganze Vorderfläche des Troges.

λ in μ	Fluoreszenzintensität bei der Konzentration					
	$^1/_4$	$^1/_8$	$^1/_{16}$	$^1/_{32}$	$^1/_{64}$	$^1/_{128}$
0,524	1,77	2	2,1	2	2,08	2,4
0,542	1,86	2,1	2,2	2	2,13	2,41
0,562	3,46	4,67	5,61	7,66	7,43	7,266
0,589	30,29	46,44	56,64	34,87	23,21	16,17
0,614	79,46	95,49	95,27	34,03	17,63	11,62
0,646	86,6	76,3	66,27	17,73	8,9	6,88
0,69	59,27	42,42	46,23	12,67	7,28	—

irgendwelche Korrektion für die Absorption angebracht wurde. Tabelle VI, die in Fig. 10 zeichnerisch wiedergegeben ist, stellt dieselben Beobachtungsreihen dar, indessen ist der Maßstab so verändert, daß sie in bezug auf die Intensität untereinander vergleichbar sind. Zu diesem Zwecke habe ich die Zahlenwerte für jede einzelne Konzentration mit einem solchen Faktor multipliziert, daß ich für die Wellenlänge 0,589 μ denselben Wert erhielt, wie ich ihn für die entsprechende Konzentration nach der Tabelle VIII beobachtet habe.

Die Kurven in Fig. 10 stellen die beobachteten Werte von $\mathcal{J}$ als Funktion von λ bei sechs verschiedenen Konzentrationen der Lösung dar. Die Verschiebung des Maximums infolge einer Konzentrationsänderung ist hier stark ausgeprägt.

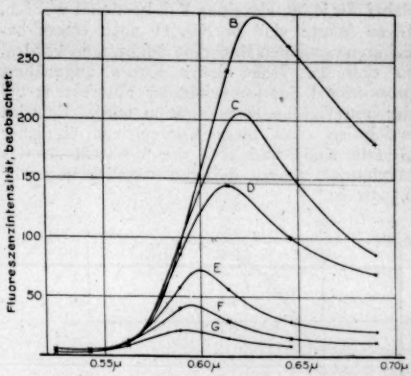


Fig. 10. Beobachtete Fluoreszenzintensität, zur Veranschaulichung der Verschiebung des Maximums bei Konzentrationsänderung.

Tabelle VI.

Beobachtete Fluoreszenzintensität, im Maßstabe so reduziert, daß die Intensität für die Wellenlänge 0,589 μ dieselbe wird wie die beobachtete Fluoreszenz in Tabelle VIII.

λ in μ	Beobachtete und reduzierte Fluoreszenzintensität bei der Konzentration					
	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128
0,524	5,38	4,08	3,192	3,32	3,578	3,116
0,542	5,65	4,284	3,344	3,32	3,66	3,229
0,562	10,52	9,53	8,53	12,715	12,78	9,736
0,589	92,17	94,64	86,06	57,95	40,41	21,68
0,614	241,558	194,8	144,81	56,49	30,32	15,57
0,646	263,26	155,65	100,73	29,43	15,308	9,22
0,69	180,18	86,54	70,27	21,03	12,52	—

Tabelle VII.

Korrigierte Werte der Fluoreszenzintensität. Werte für f aus Tabelle V berechnet nach der Formel

$$f = \frac{\mathcal{J}\beta}{(1-e^{-\beta a})}.$$

λ in μ	Korrigierte Werte der Fluoreszenzintensität bei der Konzentration					
	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128
0,524	2,841	1,968	1,148	0,67	0,53	0,52
0,542	4,436	3,056	1,74	0,86	0,632	0,566
0,562	10,98	9,088	5,734	4,196	2,558	1,85
0,589	60,438	56,61	37,2	13,62	6,35	3,665
0,614	33,34	29,757	23,55	7,27	3,455	2,203
0,646	19,31	15,55	12,83	3,339	1,65	1,217

Tabelle VII enthält die Zahlen, welche sich ergeben, wenn man an den in Tabelle V mitgeteilten Werten die Korrektion für die Absorption gemäß der obigen Formel anbringt; der Wert von f, das der tatsächlichen Intensität der Fluoreszenz proportional ist (siehe oben), ist

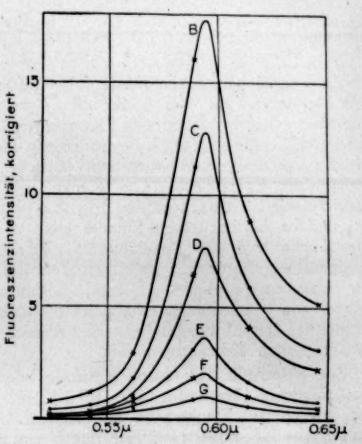


Fig. 11. Für die Absorption korrigierte Fluoreszenzkurven.

Tabelle VIII.

Fluoreszenzintensität bei verschiedenen Konzentrationen bei der Wellenlänge 0,589 μ.

	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128
Beobachtete Fluoreszenz	75,5	92,17	94,64	86,06	57,95	40,01	21,68
Korrigierte Fluoreszenz, d. h. Wert von k nach der Formel	206,115	183,879	115,366	54,85	22,53	11,044	4,86

dabei für jeden einzelnen Fall bestimmt worden. Diese Werte sind in Fig. 11 nach einem beliebigen vertikalen Maßstabe aufgetragen worden, so daß die Höhe jeder Kurve angenähert proportional der Intensität der Fluoreszenz bei der betreffenden Konzentration wird. Es wird ersichtlich, daß diese Kurven von ähnlicher Gestalt sind, und daß die Wellenlänge des Maximums nahezu dieselbe, nämlich ungefähr $0{,}595\mu$ ist.

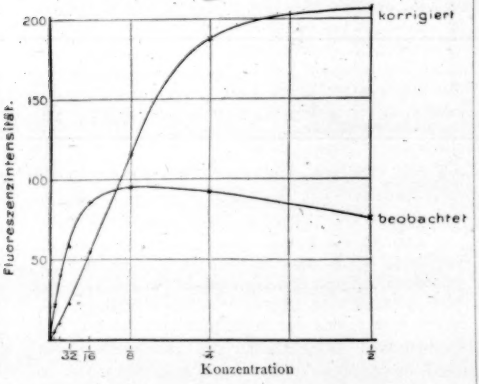


Fig. 12. Fluoreszenzintensität, beobachtet und korrigiert, für verschiedene Konzentrationen bei der Wellenlänge $0{,}589\ \mu$.

Zu Vergleichszwecken führte ich eine Reihe von Messungen aus, durch die ich die relative Intensität bei verschiedenen Konzentrationen für die Wellenlänge $0{,}589\,\mu$ bestimmte, während ich alle Verhältnisse konstant ließ. Tabelle VIII enthält die Ergebnisse. Die Kurve mit der Bezeichnung „beobachtet" in Fig. 12 gibt die tatsächlich beobachtete Fluoreszenz wieder. Die Kurve mit der Bezeichnung „korrigiert" in derselben Figur hat zu Ordinaten die aus der oben angegebenen Formel berechneten Werte von f und veranschaulicht die relative Intensität der tatsächlichen Fluoreszenz bei verschiedenen Konzentrationen.

Zur Kontrolle der ersten Methode benutzte ich folgende Methode, um die Kurve für die korrigierte Fluoreszenz zu erhalten. Die Endergebnisse erhielt ich hier durch ein mehr zeichnerisches als mathematisches Verfahren.

Ich stellte den Apparat wie früher ein, mit der Ausnahme, daß das Licht, welches die Fluoreszenz erregte, nicht mehr die ganze Vorderfläche des Glases traf, sondern nur einen 1 mm breiten senkrechten Streifen treffen konnte. Die Seitenwand des Troges zunächst der erregenden Lichtquelle S' wurde mit einem Schirm aus schwarzem Papier bedeckt, welcher einen 1 mm breiten senkrechten Schlitz hatte, durch den das Licht Zutritt fand. Diese Öffnung wurde in verschiedenen Entfernungen vom Ende des Troges aufgestellt, und die Intensität der Fluoreszenz wurde bei drei oder vier verschiedenen Stellungen gemessen. Um genaue Messungen des Abstandes von der Glaskante zu ermöglichen, wurde eine Teilung auf die Vorderfläche der Zelle gerade über dem Niveau des Kollimatorspaltes eingeätzt.

Der Einfluß der Absorption auf die Lage des Maximums geht klar aus Fig. 13 hervor.

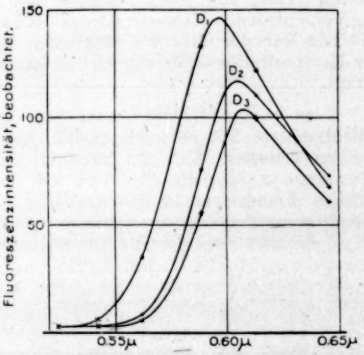


Fig. 13. Beobachtete Fluoreszenz, erregt durch das von einem 1 mm breiten Abschnitt ausgehende Licht bei Durchstrahlung verschieden dicker Schichten der Lösung.
Schichtdicke $D_1 = 1$ mm;
„ $D_2 = 1$ cm;
„ $D_3 = 2$ cm.

Die drei Kurven dieser Figur wurden aufgenommen, während der Schlitz in verschiedenen Abständen von der Vorderfläche des Troges stand.

Wegen der Korrektion für die Absorption wurden Kurven ähnlich denen in Fig. 14 und 15 für jede Lösung gezeichnet. Diese Kurven zeigen die Änderung der Intensität des Fluoreszenzlichtes mit der Dicke der Flüssigkeitsschicht, durch welche das Licht hindurchgeht. Aus dem Abschnitt einer dieser Kurven auf der y-Achse kann man die Fluoreszenz für die Schichtdicke null finden. In diesem Falle findet keine Absorption statt. Der Extrapolationsfehler wurde dadurch auf einen Mindestwert herabgesetzt, daß ein Punkt ganz nahe der Kante des Glases gewählt wurde.

Die korrigierten Werte für die Fluoreszenzintensität, die ich auf diese Weise erhielt, benutzte ich, um die Kurve für die Fluoreszenz in Fig. 15 zu zeichnen. Dasselbe Verfahren schlug ich bei jeder einzelnen Lösung ein.

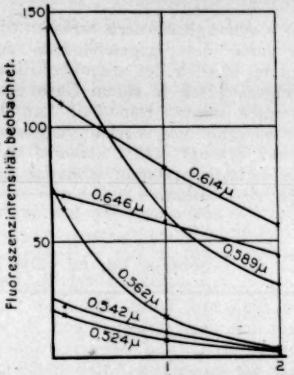


Fig. 14. Änderung der beobachteten Fluoreszenzintensität, die durch das von einem 1 mm breiten Abschnitt ausgehende Licht erregt wird, bei Durchgang durch verschieden dicke Schichten der Lösung.

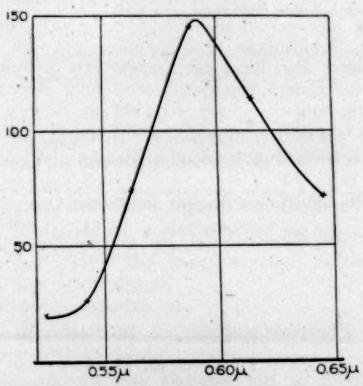


Fig. 15. Fluoreszenz, nach zeichnerischer Methode für die Absorption korrigiert. Konzentration $^1/_8$.

Die mit diesem zeichnerischen Verfahren gewonnenen Beobachtungsergebnisse sind in Tabelle IX zusammengestellt. Die auf diese Weise erhaltenen korrigierten Fluoreszenzspektren sind zusammen in Fig. 16 gezeichnet. Der vertikale Maßstab ist in dieser Figur so gewählt, daß die Werte für die Wellenlänge 0,589μ dieselben sind wie die Werte für die entsprechende Konzentration in Fig. 11.

Tabelle IX.

Beobachtete Fluoreszenz eines 1 mm breiten Schlitzes, von dem aus Licht durch verschiedene Schichtdicken der Lösung hindurchgeht. Die mit „0" bezeichnete Spalte gibt die auf zeichnerischem Wege für die Absorption korrigierte Fluoreszenzintensität an, das heißt die durch Extrapolation aus Kurven wie in Fig. 14 gewonnene Fluoreszenzintensität.

Konzentration $^1/_2$.

λ in μ	Fluoreszenzintensität bei der Schichtdicke			
	1,5 mm	5 mm	1 cm	0
0,524	1,75	—	1,1	1,5
0,542	2,525	1,6	1,2	2
0,562	14,3	3	1,95	12,5
0,589	66,24	41,5	29,63	114
0,614	94,49	70,73	61,16	103
0,646	42,4	42	42,5	43

Konzentration $^1/_4$.

λ in μ	Fluoreszenzintensität bei der Schichtdicke			
	1,5 mm	5 mm	1 cm	0
0,542	2,83	2,1	1,3	3
0,562	9,075	4,1	2,325	13,8
0,589	71,375	45,88	21,38	103,5
0,614	88,07	73,73	64,66	95
0,646	51,46	48,7	54,375	52,3

Konzentration $^1/_8$.

λ in μ	Fluoreszenzintensität bei der Schichtdicke			
	1,5 mm	5 mm	1 cm	0
0,524	2,65	2,1	1,73	2,5
0,542	3,9	2,6	2,66	4
0,562	34,15	12,083	7,525	50
0,589	95,67	69,678	49,56	109
0,6	101,75	79,5	63,33	117
0,614	79,725	68,4	56,5	90
0,646	34,68	33,6	31	36

Konzentration $^1/_{16}$.

λ in μ	Fluoreszenzintensität bei der Schichtdicke			
	1,5 mm	5 mm	1 cm	0
0,524	—	2,83	3	3,5
0,542	5,92	2,97	2,83	8
0,562	34,87	8,62	5,56	42
0,589	132,7	75,95	55,43	144
0,614	121,42	110,3	99,6	124,5
0,646	67,36	72,7	60,27	70

Konzentration $^1/_{64}$.

λ in μ	Fluoreszenzintensität bei der Schichtdicke			
	1,5 mm	5 mm	1 cm	0
0,508	3,47	3,81	3	4
0,524	4,83	3,75	3,75	4
0,542	6,16	4,9	4,23	7
0,562	61,77	38,5	25,55	76
0,589	145,85	138	125,05	150
0,614	110,45	104,86	96,15	113,5
0,646	58,1	50,25	31,7	60

Konzentration $^1/_{128}$.

λ in μ	Fluoreszenzintensität bei der Schichtdicke			
	1,5 mm	5 mm	1 cm	o
0,524	4,17	4,47	3,45	4,5
0,542	6,53	6,1	5,33	6,8
0,562	25,2	23,66	17	26
0,589	49,17	49,5	47,38	49,5
0,614	39,66	37,66	38,33	39,5
0,646	27,83	25	27,5	28

Eine Vergleichung der Kurven in Fig. 11 mit denen in Fig. 16 zeigt, daß die nach den

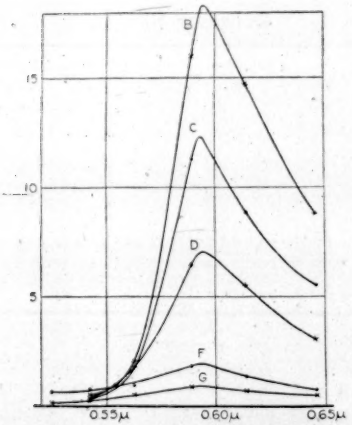


Fig. 16. Fluoreszenzkurven, nach zeichnerischer Methode für die Absorption korrigiert. Gleicher vertikaler Maßstab wie in Fig. 11.

beiden Methoden erhaltenen Ergebnisse dieselben sind. Die typischen Fluoreszenzkurven sind alle ihrer Gestalt nach einander ähnlich, und die Lage des Fluoreszenzmaximums (ungefähr bei 0,595 μ) bleibt bei allen Verdünnungen konstant. Die Verschiebung des beobachteten Fluoreszenzmaximums beruht daher gänzlich auf Absorption.

Die feste Lage des Fluoreszenzmaximums erscheint mit der Ionisationstheorie verträglich. Nach Buckingham können Ionen einige derselben optischen Eigenschaften besitzen wie andere Substanzen, und eine dieser Eigenschaften ist die Fluoreszenz. Wenn nur die Ionen fluoreszieren, so wird offenbar die Lage des Fluoreszenzmaximums konstant bleiben, ob nun das Material der Lösung ganz und gar ionisiert sein wird oder nicht.

Diese feste Lage des Fluoreszenzmaximums ist auch mit der Theorie von Nichols und Merritt[1]) verträglich, nach welcher die Fluoreszenz durch eine ungewöhnliche Art von Dissoziation, ähnlich der unter der Einwirkung der Röntgenstrahlen in einem Gase erzeugten, hervorgerufen wird. Der Teil der Lösung, welcher während des Veränderungsvorganges Fluoreszenz erzeugt, zeigt keinerlei Wirkung, die von nichtdissoziiertem Material herrührt, außer der Absorption.

Zusammenfassung.

Durch die Ergebnisse der im vorstehenden beschriebenen Untersuchung am Resorufin als an einer typischen fluoreszierenden Substanz, im Verein mit den Arbeiten von B. Walter und von Nichols und Merritt scheint die Gültigkeit der folgenden Sätze festgestellt zu sein:

1. Fluoreszierende Lösungen sind optisch vollkommene Substanzen, das heißt: sie gehorchen dem Lambertschen Gesetz.

2. Das Beersche Gesetz, nach welchem eine Konzentrationserhöhung einer Vermehrung der Schichtdicke gleichkommt, gilt für verdünnte, aber nicht für konzentrierte Lösungen.

3. Eine Konzentrationsänderung einer fluoreszierenden Lösung hat keinen Einfluß auf das typische Fluoreszenzspektrum.

1) Nichols und Merritt, Phys. Rev. **19**, Nr. 1, 1904 und **22**, Nr. 5, 1906.

Physikalisches Institut der Cornell University.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 29. Juli 1907.)

Fluoreszenzabsorption im Resorufin.

Von Frances G. Wick.[1])

Der Zusammenhang zwischen der Absorption des Lichtes seitens einer fluoreszierenden Substanz und der Emission während der Fluoreszenz ist schwer zu begreifen. Wellen einer Wellenlänge werden absorbiert, während solche einer anderen Wellenlänge emittiert werden, scheinbar im Widerspruch mit dem Kirchhoffschen Gesetz. Ein Schritt zu einer Erklärung dieser Schwierigkeit wenigstens ist durch die Versuche von Burke[2]) und durch die neuere Arbeiten von Nichols und Merritt[3]) getan worden. Diese Forscher fanden, daß während der Fluoreszenz eine Änderung im Absorptionsvermögen stattfindet. Frühere Beobachtungen über die Absorption waren angestellt worden, wenn

1) Vorgetragen in der Versammlung der American Physical Society in Ithaca im Juni 1906.

2) John Burke, Phil. Trans. **191** A, 87, 1898.

3) Nichols und Merritt, Phys. Rev. **19**, 397, 1904.

der Körper nicht erregt wurde. Aus den Untersuchungen von Burke an Uranglas und aus denen von Nichols und Merritt an Fluoreszein in Wasser, Eosin in Alkohol und Resazurin in Alkohol ging hervor, daß eine Substanz während der Fluoreszenz vorübergehend das Vermögen erwirbt, dieselben Wellenlängen zu absorbieren, welche sie emittiert. M. Camichel[1]) hat seither Messungen ähnlicher Art ausgeführt, ohne daß es ihm gelungen wäre, eine Änderung des Absorptionsvermögens während der Fluoreszenz zu finden, so daß er die Existenz dieses Phänomens in Zweifel zieht.

Der Gegenstand der somit aufgeworfenen Frage erschien interessant genug, um eine weitere Untersuchung zu rechtfertigen. Auf Anregung der Herren Professor Nichols und Professor Merritt führte ich die im nachstehenden beschriebenen Versuchsreihen über die Fluoreszenzabsorption mit Weselskis Diazo-Resorufin aus. Einige Experimentaluntersuchungen, die ich gerade vollendet hatte[2]), und bei denen die Fluoreszenz und das gewöhnliche Absorptionsvermögen des Resorufins untersucht worden waren, ließen weitere Untersuchungen an diesem Stoffe wünschenswert erscheinen.

Eine vorläufige Versuchsreihe ergab, daß Resorufin während der Fluoreszenz eine meßbare Zunahme des Absorptionsvermögens erfährt. Ich untersuchte dann diese Erscheinung in ihrer Beziehung:

1. zur Intensität des hindurchgelassenen Lichtes;
2. zur Intensität des Fluoreszenzlichtes;
3. zur Dicke der absorbierenden Schicht;
4. zur Wellenlänge;
5. zur Konzentration.

Methode und Apparatur.

Die angewendete Methode war im wesentlichen dieselbe, der sich auch Nichols und Merritt bedient hatten. Das benutzte Instrument war ein Lummer-Brodhunsches Spektrophotometer. Die fluoreszierende Lösung war in einem rechteckigen Glastrog R (siehe Fig. 1) enthalten und wurde vor den Spalt S gebracht. Eine Reihe von vier Azetylenflammen L' diente als Lichtquelle zur Erregung der Fluoreszenz. Als Lichtquelle für die Durchlässigkeitsversuche diente eine Azetylenflamme L; das von dieser kommende Licht wurde von einem Block M aus Magnesiumkarbonat diffus reflektiert. Die Intensität des durchgelassenen Lichtes wurde durch Änderung des Winkels von M eingestellt. Die Schirme 1 und 2 wurden als Schieber so aufgestellt, daß das von M oder von L' kommende Licht gänzlich abgeschnitten werden konnte. Bei den Beobachtungen, bei denen die Intensität der Fluoreszenz verändert wurde, und bei denen, wo bei konstanter Wellenlänge die Schichtdicke der Lösung geändert wurde, stellte ich einen Glastrog mit einer verdünnten Lösung der fluoreszierenden Substanz zwischen die Flamme L und den Block M. Diese Lösung wirkte als Schirm und verhinderte eine Fluoreszenzerregung von seiten des durchgelassenen Lichtes.

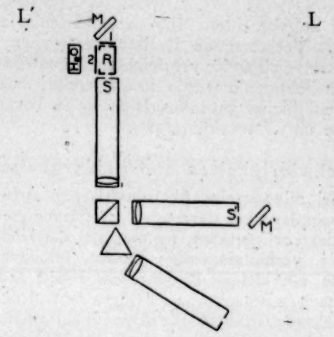


Fig. 1.

Zur Bestimmung der Absorptionszunahme infolge der Fluoreszenz waren drei Ablesungen der bei S' angebrachten Mikrometerstellschraube erforderlich:

1. Die Durchlässigkeit (T). — Intensität des durchgelassenen von M kommenden Lichtes, bei geöffnetem Schirm 1 und geschlossenem Schirm 2.

2. Die Fluoreszenz (F). — Intensität des Fluoreszenzlichtes, bei geöffnetem Schirm 2 und geschlossenem Schirm 1.

3. Durchlässigkeit und Fluoreszenz zusammen (C). — Beobachtete Lichtintensität, bei geöffneten Schirmen 1 und 2.

Wenn sich das Absorptionsvermögen während der Fluoreszenz nicht ändern würde, so müßte die Summe der beiden ersten Ablesungen ($T+F$) gleich der dritten (C) sein. Es erwies sich indessen, daß dies nicht der Fall ist. Aus den tatsächlichen Beobachtungen ergab sich:

$$T+F>C.$$

Es findet eine Zunahme der Absorption statt, welche durch den Ausdruck

$$A_F = T+F-C$$

gemessen wird.

Diese Zunahme A_F wird von Nichols und Merritt als „Fluoreszenzabsorption" bezeichnet. Die Werte für T, F, C und A_F wurden als Funktionen der Breite des Spaltes S' gewonnen. Diese selbst wurde an der Trommel der am

1) M. Camichel, C. R. **140**, 139, 1905.
2) Frances G. Wick, Phys. Rev. **24**, 356, 1907 und diese Zeitschr. **8**, 681, 1907.

Spalt angebrachten Mikrometerschraube abgelesen. Verschiedene Beobachtungsreihen sind nicht untereinander vergleichbar, denn die Vergleichslichtquelle wurde so eingestellt, daß sich eine möglichst gute Ausgleichung in bezug auf Farbe und Intensität ergab.

Schwierigkeiten und Fehlerquellen.

Bei allen spektrophotometrischen Arbeiten, insbesondere bei derartigen Bestimmungen wie die hier vorliegenden, wo man aus der Differenz zweier verhältnismäßig großer beobachteter Werte ein kleines Endergebnis erhält, ist die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers sehr groß. Die vorliegende Arbeit wurde in einem Dunkelzimmer ausgeführt, und bei der Anordnung von Schirmen und Schiebern wurde mit besonderer Vorsicht verfahren, um fremdes Licht fernzuhalten. Bei der Anordnung jedes einzelnen Teiles der Apparatur wurde alle erdenkliche Sorgfalt aufgewendet.

Die ernstlichste Schwierigkeit indessen betraf die Abgleichung der Farbe, und diese Schwierigkeit ließ sich durch keinerlei mechanische Vorrichtung vermeiden. Bei der Ausführung einer Beobachtungsreihe, die sich über die Fluoreszenzbande hin erstreckte, mußte die Breite des Kollimatorspaltes S (siehe Fig. 1) konstant gehalten werden. Eine vollkommene Abgleichung der Farbe war nur dann möglich, wenn die Intensitäten der beiden Lichtquellen von der Art waren, daß die Breite der beiden Spalte S und S' (siehe Fig. 1) gleich wurde. Da aber verschiedene Wellenlängen beobachtet wurden, während die Vergleichslichtquelle L konstant gehalten wurde, so änderten sich die Intensitäten von T, F und C in solcher Weise, daß die Breite von S' in einigen Fällen größer und in anderen kleiner als die von S gemacht werden mußte.

Nun läßt sich eine geeignete Einstellung schwer mit Genauigkeit ausführen. Es ist deshalb wesentlich, daß das Auge des Beobachters empfindlich erhalten wird, und daß ihm Gelegenheit geboten wird, sich, nachdem es dem Licht ausgesetzt gewesen ist, vollkommen zu erholen, ehe irgendwelche Beobachtungen ausgeführt werden. Ich achtete bei dieser Arbeit darauf, die Beobachtungsperioden möglichst kurz zu machen, und ich verwarf die Ergebnisse als ungenau, wenn sich zwischen den einzelnen Einstellungen für eine und dieselbe Messung eine größere Verschiedenheit zu zeigen begann. Für jeden der erhaltenen Werte habe ich das Mittel aus drei bis sechs Einstellungen der Mikrometerschraube genommen.

Fluoreszenzabsorption und Intensität des durchgelassenen Lichtes.

Die erste Messungsreihe bezweckte die Bestimmung der Beziehung zwischen der Fluoreszenzabsorption und der Intensität des durchgelassenen Lichtes. Die Tabellen I und II enthalten die Ergebnisse, die durch Veränderung der Intensität des durchgelassenen Lichtes unter sonst konstant gehaltenen Verhältnissen gewonnen wurden. Wie man aus diesen Tabellen ersieht, ist die Fluoreszenzabsorption (A_F) für alle Werte der Durchlässigkeit (T) in einer gegebenen Messungsreihe nahezu konstant.

Wenn die Intensität des durchgelassenen Lichtes von null an wächst, so muß nach Nichols und Merritt die Fluoreszenzabsorption

Tabelle II.

Abhängigkeit der Fluoreszenzabsorption von der Intensität des auffallenden Lichtes. Konzentration $^1/_{128}$. Wellenlänge 0,646 μ.

T	F	C	A_F
13	10,4	21,73	1,67
31,5	10,1	39,56	2,04
68,23	9,93	75,2	2,96
98,9	10,43	97,8	2,53
98,27	10,3	105,375	3,195
Konzentration $^1/_{64}$. Wellenlänge 0,646 μ.			
4,5	18,9	21,7	1,7
24,27	18,7	39,8	3,17
29,8	18,4	45,48	2,72
Konzentration $^1/_{128}$. Wellenlänge 0,646 μ.			
13,17	10,5	21,43	2,24
32,85	10,5	39,4	3,95
57,47	10,87	62,5	5,84
68,65	10,5	76,96	2,19
84,3	10,6	90,7	4,2
114,1	11	117	8,1

Tabelle I.

Abhängigkeit der Fluoreszenzabsorption von der Intensität des auffallenden Lichtes. I, II und III bezeichnen die einzelnen Beobachtungen, aus denen das Mittel berechnet wurde. Die Messungen wurden mit der Konzentration $^1/_{32}$ und bei der Wellenlänge 0,646 μ angestellt.

T				F				C				$T+F$	A_F
I	II	III	Mittel	I	II	III	Mittel	I	II	III	Mittel	Mittel	Mittel
25,2	24,8	24	24,7	12	11,4	11,3	11,57	34,3	34,5	33	33,93	36,27	2,34
36,4	36,5	35	35,97	11	11	11	11	44,5	44,7	44	44,4	46,97	2,57
56,2	60	59	58,4	11,3	10,8	11	11,03	65,4	66,5	66,2	66,03	69,43	3,4
68,3	67	67	67,43	10,6	10	11	10,53	75,5	75	76	75,5	77,96	2,46
74	73,8	74,8	74,2	10,6	11	11,2	10,93	82	82,4	82,8	82,4	85,13	2,71

gleichfalls bis zu einem gewissen Höchstwerte, bei welchem die Sättigung erreicht wird, wachsen. An diesem Punkte ist die Intensität des durchgelassenen Lichtes so gering, daß eine genaue Messung unmöglich wird. Die hier mitgeteilten Tabellen dienen als ein weiterer Beweis für die Richtigkeit der Schlußfolgerung, welche Nichols und Merritt gezogen haben, daß nämlich die Fluoreszenzabsorption nicht im Einklang mit den gewöhnlichen Absorptionsgesetzen vor sich geht. Eine Zunahme der Intensität des auffallenden Lichtes wird nicht von einer entsprechenden Zunahme der Absorption begleitet.

Fluoreszenzabsorption und Fluoreszenzintensität.

Bei der nächsten Beobachtungsreihe wurde die Intensität des Fluoreszenzlichtes verändert, und zwar durch Veränderung des Abstandes zwischen L' und der Vorderfläche des Troges R (siehe Fig. 1).

Tabelle III.

Abhängigkeit der Fluoreszenzabsorption von der Intensität des Fluoreszenzlichtes. Konzentration $^1/_{64}$. Wellenlänge 0,646 μ.

T	F	C	A_F
30,2	3,4	33,2	0,4
30,95	6,2	35,2	1,95
31,45	8,2	38,2	1,45
30,95	13,45	41,45	2,95
31,7	17,2	46,37	2,53
31,2	23,5	51,2	3,5
32,8	27,95	56,8	3,95
32,46	33,7	61	5,16
31,95	46,63	72,2	6,38
31,6	60,6	87,4	4,8
31,4	66,5	90,9	7
31,8	94,83	120,3	6,33
31,6	83,07	109,26	5,41
32,3	140,7	168,12	4,88
Konzentration $^1/_{64}$. Wellenlänge 0,646 μ.			
34,9	7,37	41,1	1,17
33,82	9,37	40,25	2,94
32,9	12,9	42,9	2,9
34,9	16,27	46	5,17
35,7	20,7	51,5	4,9
35,33	22,53	53,37	4,49
34,63	23,7	52	6,33
Konzentration $^1/_{128}$. Wellenlänge 0,646 μ.			
38,9	12,29	40,71	11,11
37,6	13,6	43,8	7,4
39,18	15,4	44,7	9,88
38,65	19	44,9	12,75
38,83	26	55,98	8,85
40,1	35	61,65	13,45
Konzentration $^1/_{128}$. Wellenlänge 0,646 μ.			
45,88	10,05	44,125	11,805
44,9	13,37	46,17	12,1
44,78	19,6	47,66	16,72
46,3	22,95	54,9	14,35

Auf diese Weise wurde die Beziehung zwischen der Fluoreszenz und der Fluoreszenzabsorption bestimmt. Die Ergebnisse zeigen, daß bei niedrigen Werten eine Zunahme der Fluoreszenz auch eine Zunahme der Fluoreszenzabsorption zur Folge hat. Bei einem gewissen Punkte wird Sättigung erreicht, und eine weitere Zunahme der Fluoreszenzintensität bringt keine Änderung in der Fluoreszenzabsorption hervor. Dies geht aus der Tabelle III hervor, welche in Fig. 2 zeichnerisch dargestellt wird. In den beiden letzten der mitgeteilten Beobachtungsreihen sind keine Beobachtungen enthalten, die unterhalb des Punktes gemacht worden wären, bei welchem die Sättigung erreicht wird. Eben dieser Sättigungseffekt ist bereits früher von Nichols und Merritt beobachtet worden.

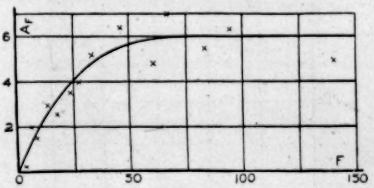


Fig. 2. Fluoreszenzabsorption als Funktion der Fluoreszenzintensität.

Fluoreszenzabsorption bei Änderung der Dicke der absorbierenden Schicht.

Bei den bisherigen Versuchen wurde der Abschnitt der zur Fluoreszenz erregten Flüssigkeit, welcher von dem durchgelassenen Lichte durchlaufen wurde, konstant gehalten, nämlich auf 5,45 cm. Um den Einfluß festzustellen, den eine Änderung der Schichtdicke auf die Fluoreszenzabsorption ausübt, veränderte ich die Breite des Abschnittes des Troges R (siehe Fig. 1), welche dem erregenden Lichte L' (siehe gleichfalls Fig. 1) ausgesetzt ist. Zunächst wurde ein 1 mm breiter Abschnitt der Lösung an dem dem Kollimatorspalt S zunächst stehenden Ende des Troges zur Fluoreszenz erregt. Die Breite dieses Abschnittes wurde allmählich gesteigert, bis sie die ganze Vorderfläche der Zelle bedeckte. Dabei wurden bei jeder Breitenvermehrung Ablesungen gemacht.

Fig. 3 zeigt das Ergebnis. Die Fluoreszenzabsorption wächst mit der Zunahme der Schichtdicke bis zu einem gewissen Punkte. Bei der hier untersuchten Konzentration lag er ungefähr bei 1,25 cm. Eine weitere Zunahme der Schichtdicke bringt keine Änderung der Fluoreszenzabsorption hervor. Die ganze Reihe der Kurven, die sich aus den ersten in der Tabelle IV mitgeteilten Beobachtungen ergeben, ist in Fig. 4 dargestellt.

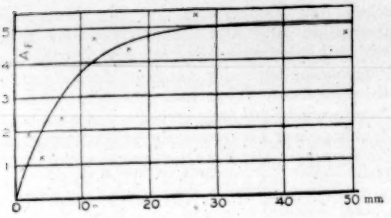


Fig. 3. Fluoreszenzabsorption als Funktion der Dicke der absorbierenden Schicht.

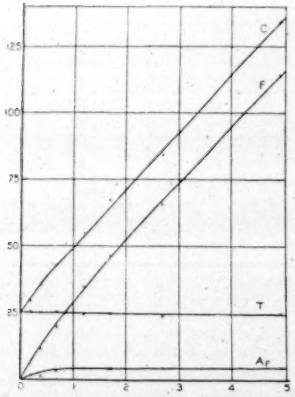


Fig. 4. Kurven für den Einfluß einer Änderung der Dicke der absorbierenden Schicht. Die Breite der Öffnung wird von dem dem Kollimatorrohr zugekehrten Ende des Troges aus gegen das der Lichtquelle für das durchgelassene Licht zugekehrte Ende hin gesteigert.

F = beobachtete Fluoreszenz,
T = Durchlässigkeit,
C = Fluoreszenz und Durchlässigkeit zusammen,
$A_F = T + F - C$ = Fluoreszenzabsorption.

Tabelle IV.

Abhängigkeit der Fluoreszenzabsorption von der Dicke der absorbierenden Schicht. Konzentration $^1/_{64}$. Wellenlänge 0,646 μ. Die Änderung der Schichtdicke beginnt an dem dem Kollimatorrohr zugewandten Ende des Troges.

Schichtdicke in mm	T	F	C	A_F
2	25,5	6,1	29,69	1,91
4	25,21	11,85	35,83	1,23
7	25,43	19,58	42,65	2,36
12	24,6	35	54,91	4,69
17	25,05	46,57	67,25	4,38
27	23,9	65,7	84,26	5,34
49	24,7	114,2	134,2	4,7

Konzentration $^1/_{64}$. Wellenlänge 0,646 μ. Die Änderung der Schichtdicke beginnt an dem dem Kollimatorrohr zugewandten Ende des Troges.

Schichtdicke in mm	T	F	C	A_F
1	28,9	3,95	31,94	0,91
3	28,9	8,4	34,1	3,2
5	28,1	12,2	37	3,3
7	28,1	16	40,2	3,9
12	27,84	24,3	47,3	4,84
17	28,1	34,8	57,3	5,6
27	27,5	46,88	68,74	5,64
37	28,1	62,8	84,5	6,4

Konzentration $^1/_{64}$. Wellenlänge 0,646 μ. Die Änderung der Schichtdicke beginnt an dem vom Kollimatorrohr abgewandten Ende des Troges.

Schichtdicke in mm	T	F	C	A_F
1	27,5	2,6	29,4	0,7
3	27,6	6	32,1	1,5
5	27,63	8	33,6	2,03
7	26,58	12,8	35,3	4,08
12	26,9	20,37	42,7	4,57
17	26,2	28,45	49,6	5,05
22	26,2	37,3	54,45	9,05
32	26,2	46,9	67,2	5,9
42	26,2	59,7	80,7	5,2
54	26,2	71,5	91,8	5,9

Zur Kontrolle dieser Untersuchung führte ich dieselbe Messungsreihe noch einmal in der Weise aus, daß ich mit dem 1 mm breiten Spalte am entgegengesetzten Ende des Troges begann, also an dem Ende, welches M (siehe Fig. 1) zunächst liegt. Dann ließ ich die Breite der Öffnung allmählich gegen das Kollimatorrohr hin zunehmen, bis die ganze Fläche des Troges erregt wurde. Die einschlägigen Ergebnisse sind in der dritten Beobachtungsreihe der Tabelle IV und in der Fig. 5 wiedergegeben. Sie waren denen ganz ähnlich, welche ich aus den Messungen in der anderen Richtung erhalten hatte.

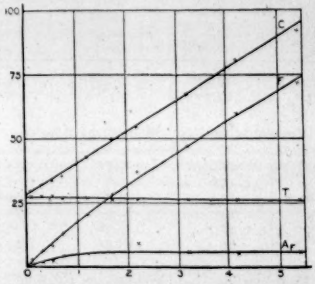


Fig. 5. Kurven für den Einfluß einer Änderung der Dicke der absorbierenden Schicht. Die Schichtdicke wird von dem der Strahlungsquelle für das durchgelassene Licht zugekehrten Ende des Troges aus gegen das dem Kollimatorrohr zugekehrte Ende hin gesteigert.

Dies war zu erwarten, weil die Lösung sehr verdünnt war, und weil die gewöhnliche Absorption bei der untersuchten Wellenlänge unbedeutend war.

In Fig. 5 zeigt die mit A_F bezeichnete Kurve dieselbe Sättigungserscheinung, die wir auch an den Figuren 3 und 4 beobachtet haben. Die Kurve F gibt in den Figuren 4 und 5 die beobachtete Fluoreszenz und die Kurve C die Fluoreszenz und die Durchlässigkeit vereint wieder. Die Kurve F ist gekrümmt bis etwa zu dem Punkte, wo die Sättigung für A_F erreicht wird; danach wird sie eine Gerade. Dies erklärt sich aus dem Umstande, daß zunächst mit zunehmender Schichtdicke eine Zunahme der Fluoreszenzabsorption auftritt. Dadurch wird die Intensität des beobachteten Fluoreszenzlichtes verringert. Nachdem die Sättigung erreicht worden ist, ist die Zunahme der beobachteten Fluoreszenz der Zunahme der Schichtdicke proportional, und die Fluoreszenzabsorption geht als ein konstanter Faktor in die Beziehung ein. Die Kurve C ist angenähert eine Gerade. Ich habe weitere Messungsreihen mit ähnlichen Ergebnissen gemacht. In jedem einzelnen Falle gelangte ich zu einem Sättigungspunkte, über welchen hinaus eine Vermehrung der Schichtdicke keine Änderung der Fluoreszenzabsorption mehr hervorbrachte.

Es scheint somit, daß die aus dem durchgelassenen Lichte absorbierte Energie mit zunehmender Schichtdicke bis zu einer gewissen Grenze wächst, und daß jenseits dieser Grenze die Fluoreszenzabsorption durch weitere Steigerung der Schichtdicke der fluoreszierenden Lösung nicht geändert wird. Es wird ein Sättigungspunkt erreicht, ähnlich wie er bei der Veränderung der Fluoreszenzintensität beobachtet worden ist.

Beziehung zwischen Fluoreszenzabsorption und Wellenlänge.

Die Beziehung zwischen der Fluoreszenzabsorption und der Wellenlänge bestimmte ich in der Weise, daß ich das Fernrohr an verschiedene Stellen in der Fluoreszenzbande brachte und T, F und A_F bei verschiedenen Wellenlängen maß.

Tabelle V.

Abhängigkeit der Fluoreszenzabsorption von der Wellenlänge. Konzentration $^1/_{16}$.

Wellenlänge in μ	T	F	C	A_F
0,542	0,7	1,7	1,5	0,9
0,562	0,38	2,3	2,55	0,13
0,589	7,76	15,75	22,9	0,61
0,614	31,97	26,31	54,7	3,58
0,646	39,88	13,8	52,7	0,98
0,69	36,55	7,82	43,35	1,02

Wellenlänge in μ	T	F	C	A_F
Konzentration $^1/_2$.				
0,589	0,55	4,325	4,9	0,025
0,614	11,3	20,63	29,575	2,355
0,646	31,75	27,95	51,975	7,725
0,69	40,4	15,9	52,375	3,92

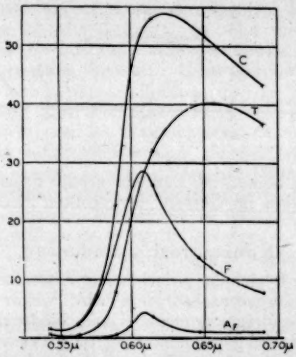


Fig. 6. Fluoreszenzabsorption als Funktion der Wellenlänge.

Die in Fig. 6 zeichnerisch dargestellte Tabelle V gibt die Mittelwerte aus drei Beobachtungsreihen wieder, die an der Konzentration $^1/_{16}$ ausgeführt worden sind. Dabei war ein Schutztrog mit einer Resorufinlösung von der Konzentration $^1/_{64}$ so zwischen L und M (siehe Fig. 1) aufgestellt, daß durch ihn die Strahlen abgeschnitten wurden, die Fluoreszenz erzeugen und dadurch Fehler hineinbringen könnten. Die Kurve für die Fluoreszenzabsorption, A_F, folgt der Kurve für die Fluoreszenz, F, und die Höchstwerte für beide stimmen in bezug auf die Wellenlänge miteinander überein. Tabelle V gibt weiter das Mittel aus drei mit der Konzentration $^1/_2$ ausgeführten Beobachtungsreihen wieder.

Weitere Messungen, die ich in Tabelle VI mitteilen werde, waren früher ohne die Einschaltung des Schutztroges mit dem Resorufin angestellt worden. Sie deuten größere Beobachtungsfehler an, doch wird man im allge-

Tabelle VI.

Abhängigkeit der Fluoreszenzabsorption von der Wellenlänge. Konzentration $^1/_{128}$.

Wellenlänge in μ	T	F	C	A_F
0,524	11,7	2,5	11,8	2,3
0,542	11,56	2,7	11,73	2,43
0,562	9,86	4,55	13,35	1,06
0,589	14,5	16,6	29,75	1,35
0,614	23,65	17,9	37,25	4,3
0,646	32,9	10,4	39,35	3,95

Wellenlänge in μ	T	F	C	AF
	Konzentration $^1/_{64}$.			
0,524	10,25	1,95	10,3	1,9
0,542	7,73	1,8	7,5	2,03
0,562	0,47	5,07	9,27	2,27
0,589	8,6	35,9	42,4	2,1
0,614	21,73	47,7	65,23	4,2
0,646	30,83	26,9	53,67	3,76
	Konzentration $^1/_{128}$.			
0,542	11,2	1,2	11,45	0,95
0,562	7	4,2	10,2	1
0,589	14,45	29,8	40,7	3,55
0,614	34,4	39,7	64,9	9,2
0,646	46,6	22,5	55,4	13,7
0,69	48,2	19,45	59,8	7,85

meinen bemerken, daß die größte Fluoreszenzabsorption im Gebiete der größten Fluoreszenz auftritt.

Konzentrationsänderung.

Die Beziehung zwischen der Fluoreszenz und der Fluoreszenzabsorption wird weiter durch eine Vergleichung der bei verschiedenen Konzentrationen gewonnenen Ergebnisse veranschaulicht. Die Lagen der Höchstwerte für die Fluoreszenz und für die Fluoreszenzabsorption entsprechen einander in jedem einzelnen Falle.

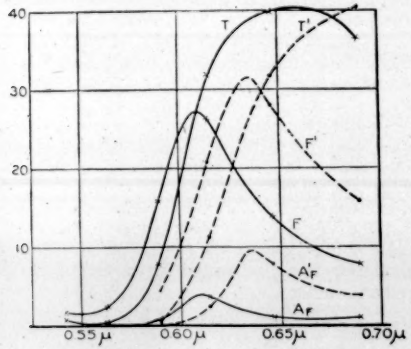


Fig. 7. Fluoreszenzabsorption als Funktion der Wellenlänge bei verschiedenen Konzentrationen. Die Kurven T, F und A_F entsprechen der Konzentration $^1/_{16}$, T', F' und A'_F der Konzentration $^1/_2$.

Fig. 7 gibt die bei zwei verschiedenen Konzentrationen gewonnenen Ergebnisse wieder. Die Kurven F und A_F stellen die Fluoreszenz und die Fluoreszenzabsorption für die Konzentration $^1/_{16}$ dar; der entsprechende Höchstwert liegt bei 0,61 μ. Die Kurven F' und A'_F stellen die Fluoreszenz und die Fluoreszenzabsorption für die Konzentration $^1/_2$ dar. Der Höchstwert für die Fluoreszenz F' ist ungefähr nach 0,635 μ verschoben, eine Wirkung, die der erhöhten Absorption auf der dem Violett zugekehrten Seite der Bande zuzuschreiben ist. Der Höchstwert für die Fluoreszenzabsorption A'_F ist gleichfalls ungefähr nach derselben Stelle hin verschoben.

Schluß.

Die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Versuche liefern eine Bestätigung der Arbeiten von Nichols und Merritt. Diesen Herren möchte die Verfasserin ihren herzlichen Dank für das ihr entgegengebrachte Interesse und für die aufmunternde Förderung dieser Arbeit aussprechen.

Die Tatsache, daß eine Substanz während der Fluoreszenz vorübergehend ein Absorptionsvermögen für die während der Erregung ausgesendeten Strahlen annimmt, erscheint einleuchtend, indessen trotzen gewisse im Zusammenhang mit dieser Zunahme des Absorptionsvermögens beobachtete Erscheinungen der Erklärung. Man wird naturgemäß erwarten, daß mit einer Zunahme der Intensität des durchgelassenen Lichtes eine Zunahme der Fluoreszenzabsorption entsprechend den bekannten Gesetzen der gewöhnlichen Absorption eintreten wird, aber das ist nicht der Fall. Die vermehrte Absorption scheint von der Intensität des durchgelassenen Lichtes unabhängig zu sein.

Die Sättigungserscheinung, welche man bei einer Steigerung der Schichtdicke der fluoreszierenden Lösung beobachtet, ist gleichermaßen befremdlich. Wenn eine gewisse Schichtdicke überschritten worden ist, so hat eine weitere Steigerung der Schichtdicke keinen Einfluß auf die Fluoreszenzabsorption.

Eine weitere überraschende Tatsache, die sich gezeigt hat, ist die, daß die Bande der Fluoreszenzabsorption ihrer Lage nach der beobachteten Fluoreszenzbande entspricht. Man könnte erwarten, daß eine Erscheinung, welche anscheinend eine Begleiterscheinung der Fluoreszenz ist, einen Maximaleffekt nicht bei dem Fluoreszenzmaximum zeigen würde, das nach erfolgter Absorption beobachtet wird, sondern an der Stelle des tatsächlichen Fluoreszenzmaximums, welches man durch Anbringung der Korrektion für die Absorption findet.

Ich habe in dieser Arbeit keinen Versuch gemacht, Erklärungen zu geben, denn der Zweck meiner Ausführungen bestand einfach darin, die beobachteten Tatsachen darzustellen, in der Absicht, festzustellen, ob irgendwelche besonderen Absorptionserscheinungen in Begleitung der Fluoreszenz beim Resorufin auftreten oder nicht.

Physikalisches Laboratorium der Cornell University.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 29. Juli 1907.)

Bestimmung von g mit der Fallmaschinenwage.

Von K. Schreber.

Richtet man die Fallmaschinenwage so ein, daß die beiden Rollen an den Enden des Wagebalkens sitzen, so ist die mit Hilfe der Wage zu messende, durch die Beschleunigung bedingte Änderung des Gewichts der auf der Fallmaschine liegenden Stoffmengen gegeben durch:

$$P = (2M + m)\frac{a}{g},$$

wo

M die träge Masse einer der beiden einander gleichen Stoffmengen auf den Wagschalen der Fallmaschine,

m die träge Masse der Stoffmenge, welche zu dem einen M noch hinzugelegt ist, um dieser Seite der Fallmaschine ein Übergewicht zu geben,

a die experimentell zu beobachtende Beschleunigung an der Fallmaschine,

g die Beschleunigung des freien Falles ist.

P hat in dieser Form der Gleichung die Dimension einer trägen Masse und wird erst durch Multiplikation mit g zu einem Gewicht.

Da diese Gleichung vollständig unabhängig ist von der Trägheit der Rolle und von jedweder Reibung, und man in ihr sämtliche Größen experimentell bestimmen kann bis auf g, so bietet sie ein einfaches, namentlich für Unterrichtszwecke, physik. Praktikum oder Schülerübungen geeignetes Mittel zur Bestimmung dieser Größe.

Bei einer auf meine Veranlassung im hiesigen physikalischen Institut gebauten Fallmaschinenwage erhielt ich durch Beobachtung an der Wage die folgenden Werte für das Verhältnis a/g.

m	P	$2M + m$	a/g
6 gr	4,30 gr	143,7 gr	0,0300
7	5,05	144,7	0,0350
8	5,85	145,7	0,0401
9	6,60	146,7	0,0450

Nachdem die Wage arretiert war, erhielt ich aus Beobachtung der Fallstrecken und der zugehörigen Zeit die folgenden Werte für a, neben denen dann die mit Hilfe des zugehörigen Wertes von a/g berechneten Werte von g stehen.

m	a	g
6 gr	29,6 cm sec^{-2}	987 cm sec^{-2}
7	34,3	980
8	39,2	977
9	44,3	984
		982

Der Wert von g für Greifswald beträgt 981,4. Da die 4 Werte, aus denen 982 das Mittel ist, nur um 1 Proz. voneinander abweichen, so stimmt das Mittel mit dem theoretischen Werte vollkommen überein.

Es wäre leicht gewesen, an der Fallmaschine genauere Werte der Fallstrecke abzulesen und so einem genaueren Wert für a zu erreichen. Das hätte aber keinen Zweck gehabt, da die Ablesungen an der Wage keine größere Genauigkeit erlaubten, also für g doch kein genauerer Wert hätte gefunden werden können. 50 mg war das kleinste Gewicht, bei dem so gerade noch ein Einfluß auf die Wage mühselig festgestellt werden konnte. Eine empfindlichere Wage herzustellen, erlaubten mir die mir zur Verfügung gestellten Mittel nicht. Da es aber eine Leichtigkeit ist, Wagen herzustellen, welche zehnmal empfindlicher sind, so gibt die Fallmaschinenwage in dieser Form ein Mittel, ohne irgendwelche Vernachlässigungen oder Korrektionsrechnungen vornehmen zu müssen, g bis auf die Millimeter genau zu messen.

(Eingegangen 17. August 1907.)

Eine einfache Form des Lochunterbrechers.

Von W. v. Uljanin.

Obgleich der Simonsche Lochunterbrecher bereits in verschiedenen Formen und Ausführungsarten beschrieben worden ist[1]), möchte ich kurz eine von mir hergestellte und über zwei Jahre mit bestem Erfolge gebrauchte einfache Form mitteilen.

Als auswechselbare Diaphragmen dienen kleine fingerhutförmige Porzellanröhrchen mit sehr dünnem durchlochten Boden. Diese Röhrchen wurden in vorzüglicher sehr genauer Ausführung mit Löchern von $^1/_3$ bis 2 mm Durchmesser von der Kgl. Porzellan-Manufaktur in Berlin hergestellt.[2]) Diese Diaphragmenröhrchen werden mit ihrer Wölbung nach unten mittels eines aufgezogenen Stückchens Gummischlauch in den Boden eines ca. 20 cm hohen Elementenglases fest eingesetzt, welches mit passenden Durchbohrungen versehen ist. Gewöhnlich brachte ich am Boden jedes Glases vier solche kreisrunde Durchbohrungen an, von welchen einige, wenn überflüssig, mittels Gummistöpseln verschlossen werden. Als Elektroden dienen zwei spiralig gebogene Bleirohre von je fünf Windungen. Die äußere Elektrode, welche in ein weiteres zylindrisches Glasgefäß eingesetzt ist, ist so geformt, daß das Diaphragmenglas genau in die oberen drei Windungen hineinpaßt und auf der nächsten Windung mit seinem Rande fest aufsteht. Diese Röhrenelektroden

1) Ruhmer, diese Zeitschr. **2**, 445, 1901; Goldhammer und Aristow, diese Zeitschr. **2**, 557, 1901.

2) Sie können von der Porzellan-Manufaktur zum Preise von 35 Pf. pro Stück bezogen werden.

sind durch Gummischlauch miteinander und mit der Wasserleitung verbunden. Bei Verwendung starker Ströme wird zur Abkühlung der Flüssigkeit ein langsamer Wasserstrom durchgeleitet. Bei der verhältnismäßig großen Flüssigkeitsmenge ist nur bei Verwendung der größeren Diaphragmen für große Stromstärken ein langsames Steigen des Niveaus im inneren Gefäße bemerkbar, was aber keineswegs störend ist. Solche mittels Gummirohr eingesetzte Diaphragmen habe ich Monate lang, ohne sie herauszunehmen, mit bestem Erfolge in Gebrauch gehabt, sowohl für schwache wie für starke Ströme bis zu 12 Ampere. Sie lassen sich leicht und schnell auswechseln. Von „Ermüdung" ist bei Vermeidung einer Erwärmung der Flüssigkeit nichts zu bemerken.

(Eingegangen 24. August 1907.)

Neue Versuche über die Erregung statischer elektrischer Ladungen bei Reibung.

Von G. Melander.

Bei meinen Versuchen über die Erregung statischer elektrischer Ladungen durch Wärme und Bestrahlung habe ich mich bemüht, alle möglichen Fehlerquellen zu studieren. Dabei kam ich darauf, an eine elektrisierende Wirkung der inneren Verschiebungen im Paraffin zu denken.

Ich habe darum ein Paraffinstück mit einem anderen Paraffinstück gerieben. Beide wurden nun negativ elektrisch geladen. Nachher habe ich das eine Stück stärker als das andere auf einer Bunsenlampe erwärmt. Beide wurden dabei fast unelektrisch. Das wärmere Stück wurde nun nach nochmaliger Reibung immer positiv, das kältere dagegen negativ. Um die Berührung der Paraffinstücke mit den Händen zu vermeiden, wurden sie beide an dicke Glasscheiben befestigt. Nur diese Glasscheiben wurden dann bei der Reibung mit den Händen berührt.

Auch andere Versuche dieser Art sind ausgeführt worden.

Man führt ja immer an, daß eine mit wollenem Stoffe geriebene Glasstange positiv elektrisch geladen wird. Meine Versuche zeigen aber, daß, wenn der Stoff vor der Reibung brennend warm gemacht ist, so wird dieselbe Glasstange bei der Reibung negativ elektrisch geladen. Aber sobald der Stoff wieder kalt geworden ist, lädt sich die Glasstange auch wieder negativ.

Soweit ich bis jetzt gekommen bin, möchte ich die Resultate meiner Versuche in folgender Form zusammenfassen:

Die verschiedenen Körper sind bei derselben Temperatur in einem verschiedenen elektrischen Zustande. Ich möchte diesen Zustand die „Elektronentemperatur" der Körper nennen.

Diese Elektronentemperatur ist von der gewöhnlichen „Molekulartemperatur" verschieden.

Wenn zwei Körper miteinander gerieben werden, so wird der Körper, dessen Elektronentemperatur niedriger ist, negativ elektrisch. Der Körper, dessen Elektronentemperatur höher ist, wird aber positiv elektrisch geladen.

Mit steigender Molekulartemperatur scheint überhaupt auch die Elektronentemperatur zu steigen. Bei Reibung wird nicht nur die lebende Kraft der Moleküle, sondern auch die lebende Kraft der Elektronen vermehrt. Die Elektronen schwingen dabei immer weiter von ihren entsprechenden Ionen.

Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur scheint z. B. wollener Stoff eine niedrigere Elektronentemperatur als Glas zu haben. Der Stoff wird also negativ elektrisch, wenn er mit Glas gerieben wird. Wenn aber die Molekulartemperatur des Stoffes hinreichend erhöht wird, so steigt auch die Elektronentemperatur des Stoffes höher als die Elektronentemperatur des kalten Glases, und bei Reibung mit Glas wird der Stoff positiver, die Glasstange aber negativ elektrisch geladen.

Die Elektronentemperatur des wärmeren Paraffinstückes ist auch höher als die des kälteren. Eine Vorstellung der mechanischen Vorgänge bei dieser Art von Elektrizitätserregung kann man sich leicht bilden:

Man muß dann annehmen, daß, wenn zwei Körper dieselbe Elektronentemperatur haben, die Elektronen in den beiden Körpern ebenso leicht von ihren entsprechenden Ionen getrennt werden können. Bei Reibung wird auch die lebende Kraft der Elektronen vermehrt. Sie schwingen immer weiter von den Ionen und trennen sich schließlich vollständig von diesen ab.

Der Körper, dessen Elektronentemperatur höher ist, verliert dann mehr Elektronen, als der Körper, dessen Elektronentemperatur niedriger ist. Dazu nimmt der „elektrisch kältere" Körper auch die Ionen auf, die der „elektrisch wärmere" verloren hat.

Beim Reiben zweier Paraffinstücke derselben Temperatur schienen die Elektronen aus der inneren Masse herauszutreten und sich an der Oberfläche zu sammeln, hierdurch kann man wahrscheinlich erklären, daß zwei Paraffinstücke derselben Temperatur beide bei Reibung negativ elektrisch geladen werden können.

Es muß noch studiert werden, ob eine bestimmte Strahlenart die Elektronentemperatur der Körper erhöhen kann, ohne die Molekulartemperatur merkbar zu verändern.

Wahrscheinlich wird man auch Beziehungen zwischen den thermoelektrischen, piëzoelektri-

schen und pyroelektrischen Erscheinungen und den Elektronentemperaturen der Körper finden können.

Durch Vergleichung der Erscheinungen statischer Ladung zweier Körper bei verschiedenen Molekulartemperaturen kann man vielleicht auch bestimmen, wie die Elektronentemperatur verschiedener Körper mit der Molekulartemperatur sich verändert.

(Eingegangen 6. August 1907.)

VORTRÄGE VON DER SCHWEIZERISCHEN NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU FREIBURG.

Albert Gockel (Freiburg i. Schw.), Über die in der Atmosphäre enthaltene radioaktive Materie.

Von verschiedenen Forschern[1]) ist nachgewiesen worden, daß sich auf einem in freier Luft ausgespannten Draht neben den Zerfallsprodukten des Radiums auch solche des Thoriums niederschlagen. Da das Beobachtungsmaterial immerhin noch spärlich ist, habe ich hier und auf dem Brienzer Rothorn (2300 m) eine Reihe von Beobachtungen angestellt. Es ergab sich, daß auch bei nur 10—12 stündiger Exposition sich beträchtliche Mengen eines aktiven Thoriumniederschlages auf dem Drahte ansammeln. Bei Benutzung des von den Herren Elster und Geitel[2]) angegebenen transportabeln Instrumentariums war die Aktivität 48 Stunden nach Abnahme des Drahtes noch bequem nachweisbar.

Der 0,5 mm starke und 20 m lange Kupferdraht wurde hier in Freiburg in meinem vor der Stadt gelegenen Garten, auf dem Rothorn auf dem Gipfelgrat ausgespannt und hier vermittels der Elster und Geitelschen Hochspannungssäule auf —2000 Volt geladen. Positive Ladung lieferte keine meßbare Menge eines radioaktiven Niederschlages. Auf dem Rothorn erwies sich eine besondere Aufladung des Drahtes als überflüssig. Wie sich schon bei früheren Versuchen herausgestellt hatte, genügte es bei der starken Intensität des Erdfeldes daselbst, den Draht 2—3 m hoch über dem Erdboden auszuspannen, um bei 24 stündiger Exposition sogar beträchtliche Mengen des aktiven Thoriumniederschlages zu erhalten. Auch hier in Freiburg konnte ich, wenn ich den Draht 4—5 m über dem Boden ausspannte, infolge der Wirkung des Erdfeldes auf demselben bei 40 stündiger Exposition einen aktiven Niederschlag in solcher Menge bekommen, daß sich die Abklingung wenigstens 9 Stunden lang verfolgen ließ; diese Zeit genügte, um nachzuweisen, daß der erhaltene aktive Niederschlag sich dem Thoriumniederschlag ähnlich verhielt. Bei der Ladung durch die Hochspannungssäule mußte ich mich begnügen, einen Draht von etwa $7a$—$7p$ auszuspannen, vorher und nachher versagte die Isolation, hauptsächlich deshalb, weil es nicht möglich war, den Draht und die Isolatoren von feucht werdenden Spinnenfäden frei zu halten.

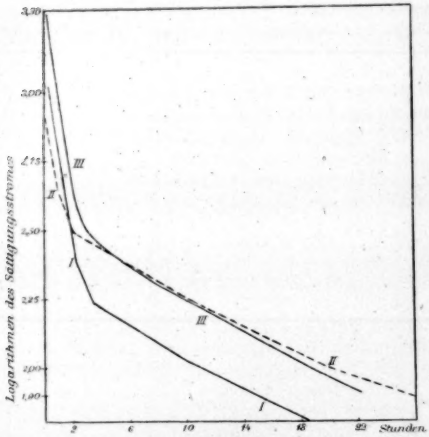
Der aktivierte Draht bewirkte unmittelbar nach Einbringen in den Elster und Geitelschen Zerstreuungsapparat in demselben einen Potentialfall von im Maximum 1100, auf dem Rothorn sogar 2000 Volt pro Stunde, während derselbe vor Einbringen des Drahtes nur 8 Volt pro Stunde betrug. Da der verwendete Draht, wie bereits bemerkt, eine Länge von 20 m hatte, so berechnet sich nach den obigen Angaben die von Elster und Geitel mit A bezeichnete Größe zu 55 resp. 100. Obgleich diese Größe A, da sie von verschiedenen Nebenumständen, ferner der Beweglichkeit der Induktionen und in unserem Falle hauptsächlich von dem schwankenden Verhältnis der Radium- zu der Thoriuminduktion abhängt, kein genaues Maß für den Gehalt der Atmosphäre an radioaktiver Materie abgibt, so werde ich mich mangels einer besseren Maßeinheit ihrer in den folgenden Zeilen doch manchmal bedienen, um wenigstens zu zeigen, mit welchem Zahlenwert man es ungefähr zu tun hat.

Der Charakter der erhaltenen Abklingungskurven ergibt sich aus der Figur, in der als Ordinaten die Briggschen Logarithmen der Ionisationsströme angegeben sind. Man sieht: in der ersten halben Stunde ist die Abklingung eine unregelmäßige, zum Teil infolge der Bildung eines aktiven Niederschlages auf den Gefäßwänden; während der nächsten 2 Stunden bilden die Logarithmen eine gerade Linie, die Aktivität klingt also nach einem Exponentialgesetz ab, die Halbwertskonstante ist aber ungefähr eine Stunde, also doppelt so groß wie die des Radiums, in der 4. und 5. Stunde verläuft die Kurve wieder unregelmäßig, dann bilden die Logarithmen wieder eine gerade Linie, die Aktivität fällt also von der 5. Stunde nach Abnahme des Drahtes an, wieder nach

1) Bumstead, diese Zeitschr. **5**, 504, 1904; Burbank, ebenda **6**, 436, 1905; Blanc, Phil. Mag. **13**, 378, 1907.
2) Elster und Geitel, diese Zeitschr. **4**, 138, 1902.
3) Gockel, diese Zeitschr. **5**, 591, 1904.

einem Exponentialgesetz ab und zwar mit einer Halbwertskonstante von 10–11 1/2 Stunden. Natürlich ändert sich die Form der Kurve mit dem Verhältnis der Radium- zur Thoriuminduktion, und wenn, wie dies einige Male beobachtet wurde, die durch Thorium induzierte Aktivität 50—60 Proz. der gesamten Aktivität ausmacht, so sinkt auch schon in den ersten Stunden die Halbwertskonstante auf 2—2 1/2 Stunden (Kurve II). Von den dargestellten Kurven wurde I und II hier, III auf dem Rothorn aufgenommen.

Ebenso wie die drei hier gezeichneten, verhielten sich im großen und ganzen auch die



übrigen 18 von mir aufgenommenen Kurven, im einzelnen allerdings wurden Abweichungen mancherlei Art beobachtet. Daß die Abklingung schließlich langsamer als die aus der Halbwertskonstante des Thoriums berechnete wurde, läßt sich durch die Beobachtungsfehler erklären, die bei den kleineren Werten des Ionisierungsstromes natürlich stärker ins Gewicht fallen. Manchmal aber erscheint auch schon im mittleren Teil der Kurve die Abklingung langsamer als die der Thoriuminduktion. Inwieweit sich diese Erscheinung und der schon erwähnte Umstand, daß in der ersten Viertelstunde nach Einbringen des Drahtes nicht nur eine langsame Abnahme, sondern häufig sogar eine Zunahme der Aktivität eintritt, aus Beobachtungsfehlern erklären läßt, gedenke ich durch besondere Versuche mit einem anderen Apparat festzustellen. Hervorgehoben muß aber doch jetzt schon werden, daß alle oben genannten Beobachter und auch Dadourian[1]), welcher Bodenluft untersuchte, für die Halbwertskonstante Werte fanden, die etwas unterhalb 11 Stunden, der für Thorium angegebenen Halbwertskonstante, liegen. Wie sich aus den Abklingungskonstanten leicht ergibt, kann 4—5 Stunden nach Aufhebung der Exposition keine meßbare Menge von Radium oder Aktiniuminduktion mehr auf dem Drahte vorhanden sein. Wenn man die ganze zu dieser Zeit noch vorhandene Menge radioaktiver Materie als Thoriuminduktion betrachtet, so läßt sich leicht aus der Abklingungskonstante des Thoriums die zur Zeit $t = 0$, also unmittelbar nach der Abnahme des Drahtes vorhandene Menge Thorium und unter der Voraussetzung, daß nur Thorium und Radium vorhanden sind, auch die Menge des letzteren berechnen. Umgekehrt kann man den ersten Teil der Abklingungskurve dazu benutzen, die gemachte Voraussetzung zu prüfen. Die für eine Reihe von Kurven durchgeführte Rechnung ergab, daß die Aktivität in den ersten 2 Stunden etwas langsamer abklingt, als sich aus der Annahme, es sei nur Radium und Thorium vorhanden, berechnet, und zwar sind die beobachteten Halbwertszeiten um etwa 10 Minuten größer als die berechneten. Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß auch etwas Aktiniuminduktion auf dem Draht vorhanden ist, wie dieses auch Jaufmann[1]) gefunden zu haben vermutet.

Die Höhe über dem Erdboden, in welcher die Drähte hier ausgespannt wurden, wechselte zwischen 0,2 und 5 m. Der relative Gehalt an Thoriuminduktion, der bei den einzelnen Versuchen zwischen 20 und 60 Proz. der gesamten induzierten Aktivität schwankte, war im allgemeinen höher, wenn der Draht in der unmittelbaren Nähe des Bodens exponiert wurde. Der Gehalt an Thoriuminduktion erscheint konstanter als der an Zerfallsprodukten des Radiums. Wenn A, das ungefähre Maß der Gesamtaktivität, beträchtlich über den Mittelwert 40 steigt, so vermindert sich der relative Betrag an Thoriuminduktion, der Zuwachs fällt also nur auf Rechnung des Radiums eventuell Aktiniums. Da ich, wie bereits bemerkt, den Draht nicht länger als 10—12 Stunden geladen erhalten konnte, so ließ ich zu wiederholten Malen einen während des Tages auf —2000 Volt geladenen Draht, während der Nacht etwa 3 m über dem Erdboden, mit der Erde verbunden, ausgespannt, und nahm am andern Tage die Ladung wieder auf. Die Menge der Thoriuminduktion, die ich auf diese Weise erhielt, war aber sonst unter gleichen Umständen nicht größer als bei nur 10—12 stündiger Exposition. An klaren Tagen wurden im allgemeinen höhere Werte der Aktivität erhalten als an trüben regne-

1) Dadourian, diese Zeitschr. **6**, 98, 1905.

1) Jaufmann, Met. Zt. **24**, 337, 1907; vgl. dagegen Bumstead, l. c.

rischen. Nach einem längeren Regen war der Betrag an Thoriuminduktion gering. Dieser Umstand läßt in Verbindung mit der kurzen Lebensdauer der Thoriumemanation darauf schließen, daß weniger Emanation als vielmehr Thorium A und B in der Atmosphäre vorhanden ist. Nach den Versuchen von Gerdien [1]) muß man indessen annehmen, daß die Beweglichkeit der Zerfallsprodukte des Radiums und Thoriums mit der Wetterlage sich ändert, und es ist möglich, daß bei Verwendung des Elster und Geitelschen Verfahrens ein höherer Wert der erhaltenen Aktivität nur auf größere Beweglichkeit der sich niederschlagenden radioaktiven Stoffe, nicht aber auch auf größere Menge derselben schließen läßt.

Die geringste Gesamtaktivität, verbunden mit einem relativ hohen Betrag an Thoriuminduktion ($A = 4{,}5$, Prozentsatz der Thoriuminduktion 50) erhielt ich auf dem Rothorn, als ich dort den Draht 29 Stunden lang bei heftigem Graupel- und Schneefall im Feld der Erde ca. 4 m hoch über dem Boden exponierte. Bei gutem Wetter wurde der relative Gehalt der Atmosphäre an Thoriuminduktion auf dem Rothorn ebenso hoch, die Gesamtaktivität A höher gefunden als hier in Freiburg.

Auf weitere Betrachtungen über den Zusammenhang der atmosphärischen Radioaktivität mit der Wetterlage möchte ich mich erst einlassen, wenn ich über bereits in Angriff genommene absolute Messungen des Gehaltes der Atmosphäre an radioaktiven Stoffen verfüge.

Anhangsweise seien hier noch Versuche erwähnt, die ich über die durchdringende Strahlung der Atmosphäre vorgenommen habe. Bekanntlich ändert sich infolge dieser Strahlung im Laufe der Zeit der Ionengehalt der Luft in einem geschlossenen Gefäße. Ich habe diese Veränderung in einem aus dünnem Aluminiumblech bestehenden Gefäße während mehrerer Monate verfolgt. Die zeitlichen Schwankungen der Ionisation erwiesen sich weniger groß als die, welche andere Forscher in Zinkgefäßen erhalten haben. Dies deutet wohl darauf hin, daß ein großer Teil dieser Schwankungen der Ionisation durch Sekundärstrahlen veranlaßt ist. Diese wächst im allgemeinen mit der Dichte der Gefäßwand. Die Abhängigkeit der Ionisation im Gefäß von dem atmosphärischen Potentialgefälle, welche andere Forscher fanden, konnte nicht in demselben Umfange wieder gefunden werden; dagegen ergab sich, übereinstimmend mit den Resultaten Maches, eine starke Zunahme der Ionisation im Gefäße bei regnerischem Wetter.

1) H. Gerdien, diese Zeitschr. **6**, 465, 1905.

Freiburg (Schweiz), August 1905.

(Eingegangen 8. September 1907.)

C. E. Guye u. L. Zébrikoff (Genf), Über die Potentialdifferenz des Gleichstromlichtbogens zwischen Metallelektroden.

Mme. Ayrton hat in einer überaus vollkommenen und bemerkenswerten Arbeit über den Gleichstromlichtbogen zwischen Kohle gezeigt, daß die bei verschiedenartiger Anordnung im Lichtbogen aufgebrauchte Kraft durch Geradensysteme dargestellt werden kann von der Form:

$$P = A + Bli$$

im Falle, daß die Länge l konstant ist, und durch

$$P = C + Dil,$$

wenn die Intensität konstant gehalten wird.

Diese beiden Beziehungen gestatteten eine allgemeine Formel aufzustellen, welche die Potentialdifferenz an den Elektroden sehr gut darstellt.

Diese Formel lautet bekanntlich:

$$e = a + bl + \frac{c + dl}{i} \qquad (1)$$

Hierbei sind a, b, c, d Konstanten, die insbesondere von der Natur der Elektroden und der Beschaffenheit des Gasraums abhängen.

Wir haben untersuchen wollen, ob im Falle des zwischen Metallelektroden überspringenden Funkens es möglich sei, die Phänomene durch ähnliche Beziehungen darzustellen.

Unsere Experimente sind an Gold, Platin, Silber, Palladium, Kupfer, Kobalt, Nickel und Eisen angestellt worden. Die ebenen, an den Rändern leicht abgerundeten Elektroden hatten einen Durchmesser von 16 mm, ihr gegenseitiger Abstand wurde vor, während und nach dem Versuche mittels eines Kathetometers gemessen, ihre Oberflächen wurden stets auf der Drehbank hergestellt.

Die Bogenlängen betrugen im allgemeinen 0—2 mm, ausnahmsweise 4 mm, die Intensitäten wurden zwischen 2 und 18 Ampère variiert. Besonderen Wert legten wir darauf, beständige Bögen zu erhalten, um kurz andauernde Spannungserhöhungen, die aus der Unbeständigkeit des Bogens resultieren können, zu vermeiden.

Zu diesem Zwecke haben wir, über einen bedeutenden Überschuß an Spannung verfügend, mit nur relativ kurzen Bögen operiert; die den Gleichstrom liefernde Maschine gab 75—90 Volt, von denen der größere Teil in den Hilfswiderständen aufgebraucht wurde. Die obere Elektrode diente ferner stets als Kathode. Ein zweckentsprechend gedämpftes und zuvor graduiertes Galvanometer gestattete die Messung der Potentialdifferenzen.

Es wurde gefunden, daß sich unter diesen Bedingungen die aufgebrauchte Kraft sehr exakt durch Geradensysteme, die den von

Mme. Ayrton für Kohle erhaltenen vollkommen analog sind, darstellen läßt.

Wir haben sodann mittels dieser Geraden (d. h. der Gesamtheit unserer Versuche) die numerischen Werte der Koeffizienten der Formel (1) bestimmt und haben erhalten:

Kohle $\left\{ e = 38{,}88 + 2{,}074\,l + \frac{11{,}66 + 10{,}54\,l}{i} \right.$
(Mme. Ayrton).

Gold $e = 20{,}82 + 4{,}62\,l + \frac{20{,}97\,l + 12{,}17}{i}$
(C. E. Guye und L. Zébrikoff).

Platin $e = 24{,}29 + 4{,}80\,l + \frac{20{,}33\,l}{i}$
(C. E. Guye und L. Zébrikoff).

Silber $e = 14{,}19 + 3{,}64\,l + \frac{19{,}01\,l + 11{,}36}{i}$
(C. E. Guye und L. Zébrikoff).

Palladium $e = 21{,}64 + 3{,}70\,l + \frac{21{,}78\,l}{i}$
(C. E. Guye und L. Zébrikoff).

Kupfer $e = 21{,}38 + 3{,}03\,l + \frac{15{,}24\,l + 10{,}69}{i}$
(C. E. Guye und L. Zébrikoff).

Kobalt $e = 20{,}78 + 2{,}05\,l + \frac{10{,}12\,l + 2{,}07}{i}$
(C. E. Guye und L. Zébrikoff).

Nickel $e = 17{,}14 + 3{,}89\,l + \frac{17{,}48\,l}{i}$
(C. E. Guye und L. Zébrikoff).

Eisen $e = 15{,}73 + 2{,}52\,l + \frac{15{,}02\,l + 9{,}44}{i}$
(C. E. Guye und L. Zébrikoff).

Die Experimente wurden bei jedem Metall für drei verschiedene Bogenlängen und bei jeder Länge für 4 bis 8 verschiedene Stromstärken ausgeführt. Jeder Punkt wurde durch 10 Ablesungen festgelegt.

Bei Eisen, Nickel und Kobalt bilden sich durch Sublimation kleine, sehr feine Nadeln von wolligem Aussehen, die sich zwischen den Elektroden zu vereinigen suchen und, wenn man nicht Obacht gibt, dem Strom als Durchgang dienen können.

Die Einzelheiten dieser Arbeit werden in den „Archives des Sciences physiques et naturelles" (Genf) erscheinen.

(Aus dem Französischen übersetzt von R. Lucas.)

(Eingegangen 10. August 1907.)

B. Brunhes u. P. David (Clermont-Ferrand), Über einen „atmenden Brunnen" am Gipfel des Puy de Dôme. Jährliche Änderung des Richtungssinnes des Luftstromes an der Mündung.

Vor ungefähr zwei Jahren haben wir begonnen, den Eingang zu einer Höhle freizulegen, der am Gipfel des Puy de Dôme auf dem südlichen Vorberge in einer Höhe von etwa 1410 m liegt. Wir haben die Freilegung bis auf 6 m unterhalb der Höhe des Einganges fortgesetzt. Weiter abwärts setzt sich die Höhle in einem mit Schutt angefülltem Kamin fort.

Ehe wir weiter vordrangen, erschien es uns interessant, uns mittels rein physikalischer Methoden Rechenschaft über die Natur der Höhle zu geben, deren obere Mündung wir vor uns hatten.

In der Schweiz hat man an verschiedenen Stellen über „atmende Brunnen" berichtet, aus denen Luft entweicht, wenn der äußere Druck zu sinken beginnt, und in welche andererseits Luft zurücktritt, wenn der Barometerdruck außerhalb steigt. Auf dem Kongreß zum Studium der Radiologie und Ionisation, der im September 1905 in Lüttich abgehalten wurde, hat Herr Ed. Sarasin[1]) mitgeteilt, daß die Ionisation der Luft an der Mündung eines solchen „Brunnens" viel kräftiger war, wenn der Luftstrom von innen nach außen verlief, als wenn er von außen nach innen ging. Eine solche Schlußfolgerung steht durchaus im Einklang mit unserer Kenntnis von der starken Ionisation im Innern von Höhlen und Kellern. Von den Messungen des Herrn Sarasin müssen wir das festhalten, daß bei den gewöhnlichen „atmenden Brunnen" sowohl der Richtungssinn des Luftstromes zwischen der Höhle und der Atmosphäre als auch der Ionisationszustand der Luft in der Nachbarschaft der Mündung gerade von dem äußeren Barometerdruck abhängen.

Einige mit dem Apparat von Elster und Geitel angestellte vorläufige Messungen in der Umgebung des Höhleneinganges am Puy de Dôme hatten uns darauf hingewiesen, daß wir es hier mit einer abweichenden Gattung der „atmenden Brunnen" zu tun hatten. Im großen Ganzen ist die Ionisation der Luft in der Nähe der Mündung im Sommer von derselben Größenordnung wie die Ionisation der atmosphärischen Luft in der unmittelbaren Umgebung; dagegen ist sie im Winter viel stärker. Der Richtungssinn des Luftstromes erleidet eine jährliche Veränderung, nicht eine Veränderung, welche an die des atmosphärischen Luftdruckes gebunden ist.

Diesen Sachverhalt wollten wir direkt bestätigen. Am 1. Januar 1906 ist ein selbstaufzeichnendes Thermometer in der Höhle, 6 m unterhalb ihrer Mündung, aufgestellt worden. Wir haben ein vollkommen klares Ergebnis erhalten: Während des Winters tritt keinerlei tägliche Änderung ein; während des Sommers tritt eine sehr deutliche tägliche Änderung ein.

Die Papierstreifen des Registrierthermometers wurden jede Woche abgenommen. Sie zeigen beispielsweise im Januar und Februar 1907

1) Diese Zeitschr. **6**, 708, 1905.

streng geradlinige Aufzeichnungen. Man findet eine Temperatur von $+4{,}1^0$, selbst dann, wenn die äußere Temperatur bis auf -16^0 gesunken ist. Zu dieser Zeit bedeckte eine dicke Schneeschicht den Boden. Diese drang nicht nur keineswegs in die Höhle ein, sondern der Schnee war sogar auf dem ganzen Umfang der Mündung geschmolzen, ein deutlicher Beweis dafür, daß zu dieser Zeit ein warmer Luftstrom aus dem Innern herauswehte.

Während des 28., 29., 30., 31. März und 1. April zeigt die Innentemperatur eine leichte tägliche Änderung. Während dieses Zeitraumes stieg die Außentemperatur und schwankte zwischen $0{,}5^0$ und $8{,}9^0$.

Die Kurve verläuft dann von neuem geradlinig bis zum 23. April. Am 24. und 25. April ist die tägliche Änderung merklich; sie beträgt am 25. April 6^0 und am 26. April 4^0. Vom 26. April ab finden wir keine Veränderung. Die Außentemperatur ist jetzt auch wieder sehr niedrig. Am 27. April ist die mittlere Lufttemperatur $-1{,}6^0$; sie bleibt bis zum 3. Mai unterhalb des Nullpunktes und erreicht an diesem Tage $3{,}25^0$. Am 4. Mai steigt sie auf $7{,}65^0$, um dann wieder zu sinken und am 6., 7. und 8. Mai bis unter den Nullpunkt zu fallen. Die Kurven des Thermometers im Innern unterliegen deutlich dem Einfluß der äußeren Temperatur. Vom 26. April bis zum 3. Mai einschließlich ist der Verlauf geradlinig. Am 4. Mai haben wir eine tägliche Schwankung. Die Temperatur steigt gegen 10 Uhr morgens; sie erreicht 7^0 und schwankt 12 Stunden lang um diesen Wert herum, um dann wieder auf $4{,}1^0$ zu fallen und diesen Wert bis zum 8. Mai zu behalten. Der Luftstrom hat also während eines halben Tages seinen Richtungssinn geändert und von außen her geweht, und dieser halbe Tag ist der einzige in diesem Zeitraum von vierzehn Tagen, während dessen die Temperatur der Außenluft höher war als die Innentemperatur.

Weiterhin finden wir dieselben Beobachtungen bestätigt: Nach verschiedenen Perioden konstanter Temperatur solche täglicher Schwankung. Die Vorherrschaft der täglichen Änderung tritt im Innern endgültig mit dem 26. Juni ein. Von nun an ist die Außentemperatur höher.

Es war von Interesse, auf Grund dieses Gegenbeweises zu bestätigen, daß der Sinn der Luftströmung, mit dem der Grad der Veränderlichkeit oder Unveränderlichkeit der Temperatur in der Höhle eng zusammenhängt, vom äußeren Luftdruck unabhängig ist. Im Januar 1907 schwankte der atmosphärische Luftdruck am Gipfel des Puy de Dôme von 627,6 mm bis 649,4 mm, und der normale Druck betrug 638 mm. Im Februar schwankte er von 619,9 mm bis 645,6 mm, ohne daß sich die Innentemperatur geändert hätte, ohne daß folglich die Luft aufgehört hätte, von innen heraus zu wehen.

Dieser „atmende Brunnen" hat also einen „Zug", der sich wie in einem Schornstein einstellt. Ohne Zweifel steht dieser „atmende Brunnen" durch andere, tiefer gelegene Öffnungen mit der Außenluft in Verbindung. Nichtsdestoweniger muß man unseres Erachtens das Vorhandensein einer ziemlich geräumigen Höhle annehmen, damit die hindurchstreichende Luft in ihr diese sehr konstante Temperatur annehmen kann, welche für das Verhalten während des Winters charakteristisch ist. Es ist zu beachten, daß diese Temperatur etwas höher ist als das Jahresmittel der Lufttemperatur am Gipfel des Puy de Dôme. Dieses beträgt für die 28 Jahre von 1879 bis 1906 nämlich $3{,}9^0$. Die Innentemperatur entspricht also einer mittleren Jahrestemperatur in einer etwas unterhalb des Gipfels gelegenen Luftschicht. Die Erforschung der Höhle, mit deren oberer Mündung wir es zu tun haben, würde vielleicht von Interesse sein. Die Physik und die Meteorologie haben uns aber bereits einige Aufschlüsse über ihre Bildung geliefert.

Gipfel des Puy de Dôme, 14. Juli 1907.

(Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 22. August 1907.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt: Der Privatdozent an der Universität Göttingen Dr. Gustav Herglotz zum a. o. Professor für theoretische Astronomie daselbst, der a. o. Professor an der Technischen Hochschule Berlin Dr. Stanislaus Jolles zum ord. Professor für darstellende Geometrie daselbst an Stelle des in den Ruhestand getretenen Professor Dr. H. Hertzer, der Observator an der Sternwarte München Dr. Karl Oertel zum ord. Professor für Geodäsie an der Technischen Hochschule Hannover, der Privatdozent an der Technischen Hochschule Aachen Oskar Stegemann zum Honorarprofessor für Chemie und Elektrochemie daselbst, der Elektroingenieur Dr. Ing. Günther Schulze zum ständigen Mitarbeiter bei der Physikalisch-technischen Reichsanstalt in Berlin, der a. o. Professor an der Technischen Hochschule Wien Dr. K. Carda zum ord. Professor der Mathematik an der deutschen Technischen Hochschule in Prag, der o. Professor an der Bergakademie zu Klausthal Dr. Jakob Horn zum o. Professor für höhere Mathematik an der Technischen Hochschule zu Darmstadt, Dr. Alfred Denizot aus Charlottenburg zum Dozenten an der Technischen Hochschule zu Lemberg.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1907/08.

Technische Hochschule Aachen.

Wüllner: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Magnetismus und Elektrizität, 6; Physik in mathematischer und experimenteller Behandlungsweise: Die Lehre von den schwingenden Bewegungen, 3; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Seitz, Bernoulli und Nordmeyer), tägl. — **Seitz:** Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalische Technik, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kursus: Mechanik, Elektrizität, Magnetismus, 2. —

Polis: Allgemeine Meteorologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie, 1; Meteorologische Technik, mit Übungen, 1. — **Grotrian**: Physikalische Grundlagen der Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum, S. — **Rasch**: Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **N. N.**: Elektrische Leitungsanlagen, 2. — **Hamacher**: Praktische Telegraphie und Telephonie, 2. — **Junkers**: Wärmetechnik, 2, Übungen, 2; Maschinen-Laboratorium I, Übungen, 4, II, 1, Übungen, 4. — **Köchy**: Lokomotivbau, 2; Eisenbahnbetriebs- und Sicherungsanlagen, 2, Übungen, 1. — **Langer**: Maschinenelemente, einschließlich Kinematik, 4, Übungen, 5; Rotierende Kraft- und Arbeitsmaschinen, 3, Übungen, 4. — **Rötscher**: Einleitung in den Maschinenbau, 2, Übungen, 6; Mechanische Technologie, 3. — **Wallichs**: Dampfmaschinen, 4, Übungen, 6; Werkzeugmaschinenbau und Maschinenfabrikation, 3, Übungen, 4. — **Lutz**: Heizung und Lüftung, 2; Kraftfahrzeuge, 3, Übungen, 2; Abriß der Maschinenelemente, 3, Übungen, 3. —

Bredt: Organische Experimentalchemie II, 3; Organisches Praktikum (mit Levy). — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Experimentalchemie, 2; Anorganisches Praktikum (mit Clören, Fischer, Scheen, Hensen und Weise); Elektrochemisches Praktikum (mit Fischer). — **Rau**: Chemische Technologie, 4; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, Übungen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Strutz und Salm). — **Schenck**: Physikalische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **Cloeren**: Analytische Chemie, 2. — **Bornemann**: Physikalisch-chemisches Repetitorium, 2. — v. **Kapff**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Bleicherei, Färberei usw., 2. —

Blumenthal: Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 1; Versicherungsmathematik, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Furtwängler**: Höhere Mathematik I, 8 bezw. 4, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2 *g*. — **Kötter**: Darstellende Geometrie, 4, Zeichnen, 4; Graphische Statik, 2, Zeichnen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der graphischen Statik, 1. — **Reißner**: Mechanik I, 5, Übungen, 1, II, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Teile der technischen Mechanik, 2 *g*. — **Haußmann**: Markscheiden und Feldmessen, 4, Übungen, $^1/_2$ Tag; Markscheiderische Zeichen- und Rechen-Übungen, 2; Ausgleichungsrechnung, 2, Übungen, 1; Enzyklopädie der Markscheidekunde, 2; Sphärische Trigonometrie, 1; Trigonometrische Übungen, 2. — **Schumann**: Praktische Geometrie I, 3, II, 2; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen und Geodätisches Praktikum II, 4; Ausgewählte Kapitel der Geodäsie, 1 *g*; Eisenbahntrassieren, 2. —

Universität Basel.

Hagenbach: Experimentalphysik II: Optik, Wärme, Elektrizität, 6; Praktikum für Fortgeschrittene, tägl., für Anfänger (mit Veillon), 8; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Hagenbach-Bischoff**: Die Begriffe der Mechanik in der Physik, 1 *g*. — **Vonder Mühll**: Analytische Mechanik, mit Übungen, 4; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Veillon**: Thermodynamik und kinetische Gastheorie, 2. — **Müller**: Radioaktivität, 1; Grundzüge der Ionenlehre in ihrer Anwendung auf anorganische Chemie, 1. —

Nietzki: Chemisches Vollpraktikum (mit Rupe und Fichter), tägl.; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2; Chemisches Kolloquium (mit Rupe und Fichter), 1 *g*; Chemisches Kränzchen (mit Rupe und Fichter), 1 *g*. — **Rupe**: Organische Experimentalchemie, 4. — **Fichter**: Analytische Chemie, 2; Experimentalchemie der seltenen Metalle, 1; Analytisches Halbpraktikum, 9. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. — **Nienhaus**: Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 6; Pharmazeutisches Kränzchen, 1 Tag *g*. —

Kinkelin: Differential- und Integralrechnung I, 3; Bestimmte Integrale, 2; Wahrscheinlichkeits- und Versicherungsrechnung, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Riggenbach**: Sphärische Trigonometrie und Einleitung in die sphärische Astronomie, 3. — **Spieß**: Analytische Geometrie des Raumes, 4. —

Universität Berlin.

Rubens: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5, Mathematische Ergänzung, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium (mit Planck), 14tägig, 2 *g*; Arbeiten im physikalischen Laboratorium für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt**: Physikalisches Praktikum für Anfänger II (mit Blasius), 7, für Pharmazeuten, 3; Einführung in die Elektrotechnik, 1 *g*. — **Slaby**: Elektromechanik, 4; Drahtlose Telegraphie und Telephonie, 2. — **Warburg**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 2. — **Blasius**: Praktischer Kursus für Mediziner, $3^1/_2$; Übungen im Anschluß an den I. Teil des Praktikums, 1 *g*. — **Neesen**: Elementare Mechanik, 2. — **E. Meyer**: Einführung in die moderne Maschinentechnik, 2; Technische Exkursionen, *g*. — **Krigar-Menzel**: Theoretische Physik I: Allgemeine Mechanik, 4. — **Weinstein**: Einleitung in die mathematische Physik I: Grundlehren der mathematischen Physik, Mechanik, Wärme, 3; Kant und die Naturwissenschaft, 1 *g*. — **Aschkinaß**: Elemente der höheren Mathematik, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung in den Naturwissenschaften, 2. — **Börnstein**: Experimentalphysik I, 3; Wetterkunde, 1; Physikalische Übungen, 4; Physikalische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Fock**: Einleitung in die Physik und Chemie, 1; Physikalische und chemische Kristallographie, 2. — **Gehrcke**: Ausgewählte Kapitel aus der Optik, unter besonderer Berücksichtigung neuerer Forschungen, 1. — **Grüneisen**: Über Schwingungsvorgänge, 2. — **Valentiner**: Vektorentheorie mit Anwendungen auf die theoretische Physik, 2. — **Kiebitz**: Elektrische Wellen und ihre Anwendung in der drahtlosen Telegraphie, 1. — **Hahn**: Die Radioaktivität, 1. — **Laue**: Ausgewählte Kapitel der theoretischen Optik, 1 *g*. — v. **Ihering**: Maschinenkunde, mit Übungen, 4; Das Deutsche Reichspatent und seine technisch-wirtschaftliche Bedeutung, 2. — **Hellmann**: Meteorologie II: Allgemeine Meteorologie, 2; Klimatologische Übungen für Geübtere, 1 *g*; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*. — **Leß**: Praktische Witterungskunde, 2. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche Photographie, mit praktischen Übungen, 1. —

E. Fischer: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Gabriel, Pschorr, Stock, O. Diels und F. Fischer), tägl. — **Nernst**: Physikalische Chemie, 4; Thermodynamik chemischer Prozesse, 1 *g*; Physiko-chemisches Kolloquium (mit Bodenstein), 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium: a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) physikochemische Übungen, 7, c) physiko-chemische Arbeiten (mit Bodenstein), tägl. — **van't Hoff**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen Chemie, 1 *g*. — **Wichelhaus**: Technologie für Chemiker III: Organische Stoffe, 2; Chemische Technologie, 2; Übungen im Technologischen Institut, tägl.; Anleitung zu chemisch-technischen Untersuchungen, 6. — **Pinner**: Anorganische Experimentalchemie, 6. — **Liebermann**: Organische Chemie I, 5; Experimentelle Übungen im organischen Laboratorium, tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, mit Experimenten, 4; Toxikologische Chemie, mit Experimenten, $1^1/_2$; Praktische Übungen in der chemischen Analyse (mit Traube und Mannich), tägl. — **Biedermann**: Technische Chemie II: Die organischen Stoffe, mit Demonstrationen, 4. — **Gabriel**: Qualitative chemische Analyse, 1. — **Bodenstein**: Elektrochemie, 2. — **Löb**: Elektrochemie II: Organischer Teil, 1; Arbeiten für Fortgeschrittenere im physikalisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Physikalische Chemie für Mediziner II, 1 *g*. — **Schotten**: Chemie der Ernährung, 2. — **Marckwald**: Analytische Chemie, 2. — **Rosenheim**: Ausgewählte Kapitel der speziellen anorganischen Chemie I: Elemente, binäre Verbindungen, Legierungen, 1; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer und Koppel), tägl.; Praktische Übungen in der Maß- und Gasanalyse, 3. — **Traube**: Qualitative chemische Analyse, 1. — v. **Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, mit Berücksichtigung der einschlägigen Gesetzgebung, 4. — **Emmerling**: Gärungschemie, 1. — **R. J. Meyer**: Besprechung anorganisch-chemischer Abhandlungen mit Refe-

raten, $1^1/_2$ *g*. — **Buchner**: Anorganische Experimental-Chemie, 4; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum (mit Meisenheimer), tägl. — **Pschorr**: Einführung in die Chemie der Benzolderivate, 1. — **Spiegel**: Chemie der Alkaloide, 2; Praktische chemische Übungen im Pharmakologischen Institut (mit Liebreich), tägl. — **Neuberg**: Praktischer Kursus der Chemie für Mediziner (mit Salkowski), 6; Chemisches und Physiologisches über Zucker und Eiweiß, 1 *g*. — **Sachs**: Färbereichemische Übungen, 3. — **Koppel**: Die Lehre vom chemischen Gleichgewicht, 1. — **Diels**: Einführung in die organische Chemie: Aliphatische Verbindungen, 1. — **Stock**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 1. — **Meisenheimer**: Reaktionen organischer Atomgruppen, 1. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **F. Fischer**: Einführung in die Elektrochemie, 1. — **Byk**: Photochemie, mit Demonstrationen, 2; Die Phasenlehre und ihre technischen Anwendungen, 1 *g*. — **Großmann**: Kolloquium über moderne Probleme der anorganischen Chemie, 1; Die Bedeutung der chemischen Technik für das deutsche Wirtschaftsleben, mit Exkursionen, 1; Die technologische und volkswirtschaftliche Bedeutung der industriellen Kartellbildungen, mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Industrie, 1. — **Ehrlich**: Die Chemie in ihrer Anwendung auf die landwirtschaftlichen Industrien: Zucker, Spiritus, Bier usw., 1. — **Köthner**: Periodizität und periodisches Gesetz II, 1. — **Mannich**: Kolloquium über pharmazeutische Chemie, 3. —

Schwarz: Analytische Geometrie, 4; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 4; Über einige Aufgaben der konformen Abbildung, 2 *g*; Mathematische Kolloquien, 14 tägig, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g*. — **Frobenius**: Zahlentheorie, 4. — **Schottky**: Theorie der Kurven und Flächen, 4; Lineare Differentialgleichungen und automorphe Funktionen, 4. — **Knoblauch**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der elliptischen Funktionen, 4. — **Lehmann-Filhés**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. — **Hettner**: Über unendliche Reihen, Produkte und Kettenbrüche, 2. — **Landau**: Integralgleichungen, 4. — **Schur**: Theorie der algebraischen Gleichungen, 4; Über Gruppen linearer Substitutionen, 2. — **Ladenburg**: Einführung in die analytische Mechanik, 2. — **Foerster**: Theorie und Kritik der Zeitmessung, 2; Geschichte der alten Astronomie, 2 *g*; Zur dynamischen Theorie der Ethik, 1 *g*. — **Helmert**: Methode der kleinsten Quadrate, 1; Schwerkraft und Erdgestalt, 1 *g*. — **Struve**: Einleitung in die Störungstheorie, 3; Übungen im Beobachten, für Fortgeschrittene, *g*. — **Bauschinger**: Einleitung in die Mechanik des Himmels, 3; Präzession und Nutation, 1 *g*. — **Scheiner**: Spektralanalytische Theorien, 2; Astrophysikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Marcuse**: Geographisch- und Nautisch-astronomische Ortsbestimmung, mit Übungen, 2; Allgemeinverständliche Himmelskunde, mit Lichtbildern, $1^1/_2$. — **Ristenpart**: Sternkataloge, 1; Gemeinverständliche Einführung in die astronomische Erdkunde, mit praktischen Übungen in der Astrognosie, $1^1/_2$. —

Technische Hochschule Berlin.

Dolezalek: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 4; Physikalische Chemie, 2. — **Kurlbaum**: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 4, für Chemiker, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente, Übungen, 4. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2; Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektrizitätslehre, 2; Elektrische Schwingungen und Funkentelegraphie, 1. — **Krigar-Menzel**: Allgemeine Mechanik I: Gleichgewicht und Bewegung von Massenpunkten und starren Körpern, 4; Einführung in die kinetische Gastheorie, 2. — **Gleichen**: Einführung in die praktische Optik und Anleitung zur Konstruktion optischer, photographisch-optischer und ophthalmologischer Instrumente, 2. — **Groß**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Wärmetheorie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2; Gastheorie, 2; Grundzüge der Energetik, 2. — **Felgentraeger**: Maß- und Gewichtswesen I, 2; Meßinstrumente des Chemikers, 1. — **Kaßner**: Die meteorologischen Grundlagen des Wasser- und Tiefbaues: Niederschläge, Hochwasser, Verdunstung, Feuchtigkeit usw., 1. — **Slaby**: Elektromechanik, 4; Funkentelegraphie, 2; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium (mit W. Wedding), 4 Tage. — **W. Wedding**: Elektrotechnische Meßkunde, 2; Enzyklopädische Elektrotechnik mit Einschluß der Elektrotelegraphie, mit Experimenten, 3. — **W. Reichel**: Elektromaschinenbau, 4, Übungen, 8; Übungen im Elektrotechnischen Versuchsfeld, 4; Elektrische Kraftanlagen und Bahnen, 2, Übungen, 4. — **Klingenberg**: Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **Benischke**: Wechselstromtechnik, 4. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen, 2; Diagramme der Wechselstrommaschinen und -motoren einschließlich der kommutierenden Einphasenmotoren, 1. — **Kallmann**: Betriebstechnik für Elektrizitätswerke und Straßenbahnen, 2; Elektrische Einrichtungen moderner Zentralen und Leitungsnetze, 1. — **v. Koch**: Kollektor-Motoren für Einphasen-Wechselstrom, 2. — **Servus**: Theorie der Wechselströme, 2; Mechanische Wärmetheorie, 2. — **Zehme**: Elektrische Stadt- und Haupteisenbahnen, 2. — **Frölich**: Übersicht über die Elektrotechnik für Chemiker, 1. — **Riedler**: Verbrennungsmaschinen, einschließlich Kraftwagen, 2; Entwerfen von Arbeitsmaschinen und Verbrennungsmaschinen, 4. — **Franz**: Hochbau-Elemente für maschinentechnische Anlagen, 2, Übungen, 4; Bauanlagen für industrielle Maschinenbetriebe im Zusammenhang mit wirtschaftlichen Berechnungen und technischer Verwaltung, 2, Übungen, 4. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2; Maschinengetriebe: Anwendungen der Kinematik, 2. — **Josse**: Wärmetechnik, 4; Übungen im Maschinen-Laboratorium I, 14 tägig 5, II, 6, III, 8. — **Kammerer**: Maschinenelemente, 4, Übungen, 8; Entwerfen von Hebemaschinen, Übungen, 4; Entwerfen von schwierigeren Hebemaschinen und von Maschinen zu Verkehrsanlagen für staatliche, kommunale und industrielle Betriebe, Übungen, 4. — **Ludewig**: Wasserkraftmaschinen, einschließlich Zentrifugalpumpen, 2, Übungen, 4; Entwerfen von Wasserkraftmaschinen und Dampfkesseln, 4. — **Martens**: Materialprüfungswesen mit Übungen im Materialprüfungsamt, 2, Übungen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen und Festigkeits-Laboratorium, 2. — **Obergethmann**: Eisenbahn-Maschinenbau, Fahrzeuge (Übersicht), Betriebs- und Verkehrsanlagen, 2, Übungen, 2; Lokomotiven und Wagen, Bau und Unterhaltung, 2, Übungen, 2. — **E. Reichel**: Einleitung in den Maschinenbau, 2, Übungen, 6; Wasserkraftmaschinen, einschließlich Zentrifugalpumpen, 3, Übungen, 4. — **Schlesinger**: Werkzeugmaschinen, 2, Übungen, 4; Fabrikbetriebe, mit Seminar, 2, Übungen, 4. — **Stumpf**: Dampfmaschinenbau, einschließlich Dampfturbinenbau, 4, Übungen, 8. — **Wehage**: Angewandte Dynamik, 2; Angewandte Hydraulik, 2. — **Braun**: Bau von Apparaten für das Eisenbahnsicherungswesen, 2. — **Franke**: Instrumenten- und Apparatenbau, 1. — **Heinel**: Die Maschinen zur Gasverdichtung und -verflüssigung, insbesondere die Kälteerzeugungsmaschinen, 2. — **Leist**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen, 2. —

v. Knorre: Analytische Chemie: Quantitative Analyse, 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Allgemeine Elektrochemie und Anwendung der Elektrolyse in der chemischen Industrie, 4; Abriß der technischen Gasanalyse, mit Übungen, 2. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Erdmann**: Experimental-Chemie I, 4; Abriß der Experimentalchemie, 2; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Holde**: Untersuchung pflanzlicher und tierischer Öle, Fette und Wachse, 2. — **Liebermann**: Organische Chemie I: Die offenen Kohlenstoffketten, 5; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Miethe**: Spektralanalyse, mit Übungen, 2; Allgemeine Photographie: Apparatenkunde, Übersicht über die gebräuchlichen photographischen Prozesse, 2; Einführung in die photographische Optik, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16; Spektrographisches und Spektralanalytisches Praktikum für Fortgeschrittenere, 1. — **Traube**: Einleitung in die physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3. — **Witt**: Chemische Technologie II, 4; Farbstoffe, Bleicherei, Färberei, Zeugdruck, 2; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut, tägl. — **Arndt**: Ausgewählte Teile der physikalischen Chemie, 1; Kolloquium über physikalische

Chemie, 1. — **Binz**: Veredlung der Textilfasern II: Färberei und Zeugdruck, 1. — **Börnstein**: Die Brennmaterialien, ihre Bearbeitung und Verwendung, 2. — **Byk**: Theoretische Photochemie: Die Lehre von den chemischen Wirkungen des Lichtes, 2. — **Hauser**: Chemie der selteneren Elemente mit spezieller Rücksicht auf ihre technische Verwendung, 2; Kolloquium über anorganische und analytische Chemie, 2. — **Hinrichsen**: Über flüssige und feste Lösungen mit besonderer Berücksichtigung der Metallegierungen, 2; Chemische Atomistik, Einführung in die theoretischen Grundanschauungen der modernen Naturwissenschaft, 1. — **Junghahn**: Technologie der Proteinstoffe: Albuminoide, 2. — **Jurisch**: Übungen im Entwerfen von chemischen Anlagen, 4; Luftrecht, 1. — **Kühling**: Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie, in Form von Kolloquien, 2; Qualitative und quantitative Analyse organischer Verbindungen, 1; Organisch-chemische Arbeitsmethoden (der Oxydation, Reduktion, Sulfurierung usw.), 1. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Ullmann**: Arbeitsmethoden der Farbenindustrie, 1. — **Voswinckel**: Einführung in die organische Chemie, 2. — **Wolffenstein**: Die Chemie der Alkaloide, 2. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie, 4. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Jolles**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Schuberg**: Elemente der darstellenden Geometrie, 1, Übungen, 3; Maschinenkunde I, 1, Übungen im Maschinenzeichnen, 3, II, 2, Übungen im Maschinenzeichnen, 3; Konstruktionsübungen für Chemiker I, 1, Übungen, 3, II, 1, Übungen, 3. — **Steinitz**: Niedere Analysis und Algebra, 2; Potentialtheorie, 2; Funktionentheorie I, 2; Synthetische Geometrie: Geometrie der Lage, 2. — **Fuchs**: Partielle Differentialgleichungen nebst Anwendungen, 2. — **Rothe**: Vektoranalysis und die mathematischen Grundlagen der Maxwellschen Elektrizitäts-Theorie, 2, Übungen, 1. — **Wallenberg**: Repetitorium der höheren Mathematik: Differential- und Integralrechnung sowie analytische Geometrie II, 2. — **Werner**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Wärme, 6; Repetitorium der Physik, 2; Theoretische Optik (Schluß), 1 *g*; Physikalisches Praktikum, 8. — **Gruner**: Der sprechende Lichtbogen und seine Anwendung in der drahtlosen Telephonie, 1; Einleitung in die theoretische Physik, 1. — **Blattner**: Elektrotechnik, 2. —

Friedheim: Anorganische Experimentalchemie, 6; Qualitative und quantitative Analyse, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum (Halbpraktikum für qualitative Arbeiten), tägl. außer Sonnabend; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3. — **v. Kostanecki**: Organische Chemie II, 5; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Tambor**: Die Chemie der Alkaloide, 2; Repetitorium der Chemie der Fettkörper, 1. — **Mai**: Anorganisch-chemische Arbeiten; Chemische Berechnungen, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 1; Analytische Chemie im Lichte der Ionentheorie, 1. — **Ephraim**: Kolloquium über Themata aus der anorganischen Chemie, 1½; Die modernen Grundlagen der Chemie, 2. — **Lampe**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Schaffer**: Lebensmittelchemie, 2; Technologie der Lebensmittelgewerbe, 2; Praktikum im Laboratorium für Lebensmitteluntersuchung. — **Woker**: Die Beziehungen zwischen physikalischer Chemie und Biologie, 2. —

Graf: Kugelfunktionen mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen mit Repetitorium, 3; Bestimmte Integrale mit Repetitorium, 3; Funktionentheorie, 2; Elementarmathematik, 3; Differentialgleichungen, 2; Renten- und Versicherungswesen, 2; Differential- und Integralrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), 2. — **Ott**: Integralrechnung, 2; Analytische Geometrie der Ebene II, 2. — **Huber**: Mechanik des Himmels, 2; Fouriersche Reihen und Integrale mit Anwendungen auf die Physik, 3; Theorie der Raumkurven und abwickelbaren Flächen, 2; Theorie und Anwendungen der Determinanten, 1. — **Benteli**: Darstellende Geometrie: Kurven, Strahlenflächen, reguläre Polyeder, 2, Übungen und Repetitorium, 2; Praktische Geometrie I, 1; Konstruktive Perspektive, 1. — **Moser**: Theorie der Versicherungs-Reserven; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 2. — **Crelier**: Synthetische Geometrie des Raumes, 2; Ausgewählte Kapitel der Geometrie, 2. — **Bohren**: Anwendung bestimmter Integrale und das Versicherungswesen, 2. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik I, 5; Laboratorium für Anfänger, 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Eversheim**: Anleitung zur Ausführung einfacher Experimente, 3; Elektrotechnisches Praktikum, 2. — **Kaufmann**: Mechanik und Elastizitätslehre, 4; Elektrizität in Gasen, 1 *g*. — **Pflüger**: Dispersion des Lichtes, 1. — **Bucherer**: Mathematische Einführung in die Elektronentheorie, 2. —

Anschütz: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum (mit Rimbach, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Rimbach), außer Sonnabend. — **Rimbach**: Theoretische Chemie I: Atom- und Molekulartheorie, Allgemeine Eigenschaften der Stoffe, 2; Spezielle anorganische Chemie: Metalle und seltenere Elemente, 2; Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3 *g*; Übungen in einfachen chemischen Unterrichtsversuchen, 2 *g*. — **Schroeter**: Aromatische Substanzen oder Benzolderivate, 3. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganischer Teil, 3; Toxikologie: Ausmittelung von Giften, 1; Übungen im Sterilisieren von Arzneimitteln, *g*. — **Mannheim**: Über die Methoden der Wasser- und Harnanalyse, 1, Übungen, *g*. — **Kippenberger**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, mit Exkursionen, 2; Besprechung nahrungsmittelchemischer Gutachten, 1 *g*; Gärungschemie mit praktischen Übungen, 2. — **Laar**: Übersicht der photographischen Kopier- und Reproduktionsverfahren, 1. —

London: Synthetische Geometrie, 2; Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen in darstellender Geometrie, 1 *g*; Mathematisches Seminar (mit Schmidt), 1 4tägig, 2 *g*. — **Kowalewski**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Einführung in die Theorie der Transformationsgruppen, 2. — **Study**: Einleitung in die Funktionentheorie, 4; Einleitung in die Quaternionentheorie, 1. — **Schmidt**: Partielle Differentialgleichungen, 4. — **Mönnichmeyer**: Methode der kleinsten Quadrate, 1. — **Küstner**: Sphärische Astronomie, 3; Fixsternkunde, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer). —

Technische Hochschule Braunschweig.

Zenneck: Physikalisches Praktikum (mit Rau); Theorie des elektromagnetischen Feldes I, 2, III, 2; Experimentalphysik: Molekularphysik, Wärme, Elektromagnetismus, 4; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Weber**: Potentialtheorie mit Anwendungen auf die Elektrostatik, 2. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Elektrotechnik, 4, Übungen, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Wasmus), 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium (mit Wasmus). — **Brünig**: Elektromechanische Konstruktionen, 2, Übungen, 2. — **Mosler**: Telegraphie und Telephonie, 2; Die elektrische Ausrüstung der Hebezeuge, 1. — **Franke**: Allgemeine Maschinenlehre, 3; Dampfmaschinenbau, 4, Übungen (mit Göpfert), 8; Berechnung und Bau der Dampfturbinen, 1. — **Friedmann**: Theorie und Konstruktion der hydraulischen Motoren, 4; Maschinenelemente, 4, Übungen (mit Müller), 8. — **Denecke**: Heizung und Lüftung, 2; Berechnung und Bau der Hebemaschinen, 2, Übungen, 4; Eisenkonstruktionen des Maschinenbaues, 1; Eisenbahnmaschinenbau, 3, Übungen, 4; Maschinenzeichnen, Übungen, 6; Technisches Zeichnen, Übungen, 4. — **Schöttler**: Kinematik, 1; Angewandte Wärme-

mechanik, 3; Arbeiten im mechanischen Laboratorium I, 1, Übungen (mit Zacharias), 3, II (mit Zacharias), Übungen; Festigkeitslehre, 4, Übungen, 1, Repetition, 1. — **Lüdicke**: Allgemeine mechanische Technologie, 2; Fabrikanlagen und Werkstatteinrichtungen, 2; Werkzeugmaschinen, 2, Übungen, 3; Spinnerei, 2; Weberei, 2; Technologische Übungen, 3. —

Meyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Chemie der organischen Farbstoffe, 3; Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Biehringer und Marx); Chemisches Kolloquium (mit Baur), *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Grundzüge der Chemie, 3. — **Baur**: Physikalische Chemie, 2; Metallurgie, 2; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie (mit Wolters). — **Reinke**: Chemische Technologie II 1, 6; Chemisch-technische Analyse I, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe (mit Rinckleben), Besprechungen, monatlich, 2. — **Beckurts**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Grundzüge der Maßanalyse, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie (mit Troeger, Frerichs und Emde). — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Chemie der Benzolderivate, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2. —

Dedekind: Elemente der Zahlentheorie, 2; Einleitung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1. — **Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 3; Differential- und Integralrechnung I, 5, Übungen, 2, II, 2; Einführung in die Funktionentheorie, 2. — **Ludwig**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Grundzüge der höheren Mathematik, 2, Übungen, 1; Geometrie der Lage, 2. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Schlink**: Technische Mechanik I, 3, Übungen, 1, Repetition, 1; Analytische Mechanik, 4. — **Hohenner**: Grundzüge der Geodäsie, 2, Übungen, 2; Geodäsie I, 4, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Planzeichnen (mit Reger), Übungen, 2. —

Universität Breslau.

Lummer: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schaefer und Waetzmann), 3 oder 6, für Geübtere (mit Pringsheim und Schaefer), tägl. — **Pringsheim**: Theoretische Physik V: Wärme, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Schaefer**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4. — **Waetzmann**: Theoretische Akustik, mit Experimenten, 2; Die physikalischen Grundlagen der Musik, 1 *g*. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

Ladenburg: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Kolloquium, 1 4 tägig, 2 *g*; Praktisch-chemische Übungen, ganz- und halbtägig; Praktisch-chemische Kurse a) für Mediziner (mit Herz), 5, b) für Landwirte, 6. — **Gadamer**: Organische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Ausmittelung der anorganischen Gifte I, 1; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Abegg**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, 2, mathematische Ergänzungsstunden; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 1/2 *g*; Physikalisch-chemische Rechenübungen (mit Sackur), 1 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Sackur), 3. — **Ahrens**: Zucker- und Stärkefabrikation, 2; Technologie der Heiz-, Brenn- und Leuchtstoffe, Fabrikation von Kalk, Mörtel, Zement, Glas- und Tonwaren, mit Besichtigung von Fabriken, 4; Chemische Technologie I, 2; Maschinelle Hilfsmittel der chemischen Technik, 1 *g*; Praktische Übungen und Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Praktischer Kursus in chemisch-technischen und gasanalytischen Untersuchungsmethoden, 6. — **Herz**: Physikalische und chemische Eigenschaften der Metalle und ihrer Verbindungen, 3; Die physikalischen und chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Theorie der chemischen Verbindungen, 1. — **Sackur**: Physikalische Chemie technischer Prozesse, 2. — **Fischer**: Die Kolloide, 1. —

Kneser: Prinzipien der Elementarmathematik, 2; Funktionentheorie, 4, Anwendungen der Funktionentheorie auf mathematische Physik, 2 *g*. — **Rosanes**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1 *g*. — **Sturm**: Integralrechnung, 2; Theorie der geometrischen Verwandtschaften II, 3; Geschichte der Mathematik, 1; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Franz**: Theorie der Bahnrechnung der Kometen, Planeten und Doppelsterne, 3; Methode der kleinsten Quadrate und Ausgleichung der Beobachtungsfehler, 1; Astrophysik: Spektralanalyse, Photometrie und Photographie der Gestirne, 2; Übungen im Bahnrechnen, 2 *g*. —

Universität Czernowitz.

v. Geitler: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger I, 6 und 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Besprechung physikalischer Fragen (mit Radakovic), 1 4 tägig, 2 *g*. — **Radakovic**: Elektrizität und Magnetismus, 5; Seminar für mathematische Physik, 2 *g*. —

Pomeranz: Allgemeine Chemie I, 5; Physikalische Chemie, 2; Chemische Übungen für Anfänger, 15, für Fortgeschrittene, 20. —

Technische Hochschule Danzig.

Wien: Experimentalphysik I, 5; Kleines physikalisches Praktikum, 4; Großes physikalisches Praktikum, tägl. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Einleitung in die Theorie des elektromagnetischen Feldes, 2; Arbeiten im photographischen Laboratorium für Fortgeschrittene, 3. — **Roeßler**: Elektrotechnik II, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II und III, 9; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen (mit Simons), 2, Übungen, 4. — **Simons**: Elektrotechnische Meßkunde, 2; Apparate- und Schalttafelbau, 2, Übungen, 4. — **Jahn**: Eisenbahnmaschinenbau, 4, Übungen, 4; Eisenbahnmaschinenbau: Lokomotivbau, 4; Eisenbahnbetrieb, 2; Enzyklopädie der Kraftmaschinen und Pumpen, 2. — **Schulze-Pillot**: Maschinenelemente, 4, Übungen, 8 bezw. 4; Kraft- und Arbeitsmaschinen mit Kreiselrädern, 2, Übungen, 2; Kraftanlagen und Energieverteilung, 2, Übungen, 2. — **Tischbein**: Einführung in den Maschinenbau, 1, Übungen, 7; Mechanische Technologie, 2; Einführung in die Eisenhüttenkunde, 2; Werkzeugmaschinen und Fabrikbetriebe, 2, Übgn., 4; Größere Lasthebemaschinen, 2, Übungen, 4. — **Wagener**: Wärmemechanik, 2; Maschinenlaboratorium I, 4, II, 4; Kolbenkraftmaschinen, 4, Übungen, 4; Kolben-Arbeitsmaschinen, 2, Übungen, 2. — **Gramberg**: Mechanische Meßinstrumente und Maschinenuntersuchungen, 2; Heizung und Lüftung, 2. — **Lorenz**: Dynamik starrer Körper, 3, Übungen, 2; Festigkeitslehre und Hydraulik, 4, Übungen, 2. —

Ruff: Anorganische Experimentalchemie, 4; Praktikum im anorganisch-chemischen Laboratorium, im elektrochemischen Laboratorium. — **Wohl**: Organisch-chemische Technologie, 3; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium; Kurse für Gärungsgewerbe; Praktikum im Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe. — **Bose**: Physikalische Chemie I und II, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum I und II, 4; wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener. —

v. Mangoldt: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 1; Ausgewählte Fragen aus der Elementarmathematik, 1. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 5; Ausgewählte Kapitel der Kinematik, 1 *g*. — **Sommer**: Höhere Mathematik I, 6. — **Eggert**: Niedere Geodäsie, 2; Planzeichnen, 2; Höhere Geodäsie, 2; Geodätisches Praktikum I, 2. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Geometrische Optik, Wellenlehre des Lichtes, Akustik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig), 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Zeißig), 1 *g*. —

Zeißig: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Akustik, Optik, 4, Repetitorium, 1; Physikalische Meß- und Instrumentenkunde, 2 *g*. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente I, 2. — **Fritsch**: Photographische Übungen, 2; Spektralanalyse, 1 *g*. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II, 3, Übungen (mit Petersen), 2; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der gesamten Elektrotechnik, 1; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Wirtz und Sengel), halbtägig, tägl.; Selbständige Arbeiten für vorgeschrittenere Studierende; Übungen im Hochspannungslaboratorium (mit Petersen), 1. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I: Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Elektrische Wellen, 2. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen, 2, Übungen, 3; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2. — **Petersen**: Grundzüge der Hochspannungstechnik, 1; Elektrische Beleuchtung mit besonderer Berücksichtigung der Bogenlampen und deren Konstruktion, 1; Elektrizitätszähler und Meßinstrumente, 1. — **Goldschmidt**: Elektromotorische Betriebe, 2. — **Fehmer**: Elektrische Straßenbahnen, 1 *g*. — **v. Roeßler**: Maschinenzeichnen, 1, Übungen, 3; Mechanische Technologie I, 2, II, 1; Rohstoffe und Halbstoffe der Papierfabrikation, 2; Papierprüfung, Übungen, 3; Werkzeugmaschinen: Metallbearbeitung, 2, Holzbearbeitung usw., 1; Heizung und Lüftung, 2. — **Lincke**: Maschinenelemente, 3, Konstruktionsübungen, 9 und 6; Zeichen- und Konstruktionsübungen in Maschinenelementen, 3; Kinematik I, 2, II, 1; Maschinenelemente und Kinematik (Ausgewählte Kapitel), 1 *g*. — **Berndt**: Allgemeine Maschinenlehre, 3; Baumaschinenzeichnen, 3; Ausgewählte Abschnitte aus der Festigkeitslehre, 1; Gasmotoren, 3. — **Gutermuth**: Dampfmaschinen und Dampfturbinen, 6; Konstruktionsübungen, 6. — **Pfarr**: Wasserkraftmaschinen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Wasserwerksbauten, 2; Papierfabrikation und deren Maschinen, 3. — **Koehler**: Lasthebemaschinen, 2, Konstruktionsübungen, 6; Neuere Hebezeuge mit elektrischem Antrieb, 1; Förderanlagen für Massengüter, 1. — **Beck**: Gewichts- und Kostenberechnungen der Maschinenfabrikation, 1. —

Staedel: Anorganische Experimentalchemie, 4; Theoretische und physikalische Chemie, 1—2; Chemisches Praktikum (mit Kolb, D'Ans und Zeh), tägl. außer Sonnabend. — **Kolb**: Anorganische Chemie, spezieller Teil I, 2; Analytische Chemie II, 2; Analytische Chemie der seltenen Elemente, 1; Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Finger**: Organische Experimentalchemie, 6; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie (mit Schwalbe), tägl. außer Sonnabend; Farbstoff- und Färberei-Praktikum (mit Schwalbe). — **Keppeler**: Gasförmige Brennstoffe, 2 *g*. — **Schwalbe**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Bleicherei, Färberei, Zeugdruck, 1; Synthese und Konstitutionsermittelung organischer Stoffe, 1. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 2; Bakteriologie und Sterilisationstechnik (mit Weller), Übungen; Pharmakognosie, 3, Übungen, 2; Pharmazeutische Gesetzeskunde, 1. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 4; Elektrochemisches Kolloquium (mit Neumann), 1 *g*; Chemisches Praktikum für Elektrochemiker (mit Neumann, Moldenhauer und Brodal), tägl. außer Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum (mit Neumann, Moldenhauer und Brodal), tägl. außer Sonnabend; Chemisch-technisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend; Grundzüge der Eisenhüttenkunde, 1. — **Neumann**: Gasanalytische Methoden, mit Übungen, 2; Metalle und Legierungen, 1; Verbrennungsvorgänge, Heiz- und Kraftgase und deren Untersuchung, mit Übungen, 1. — **Moldenhauer**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Elektrochemie, 1 *g*. — **Vaubel**: Theoretische Chemie I, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, 1; Die physikalischen und chemischen Methoden der quantitativen Bestimmung organischer Verbindungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Technik organischer Verbindungen, 1. — **Sonne**: Chemische Technologie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Geologische und chemisch-technische Vorarbeiten für die Trinkwasserversorgung (mit Steuer), 2. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen, 1, Übungen, 8. —

Graefe: Repetitorium der Elementarmathematik, 2, Übungen, 2; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Geschichte der Mathematik, 1. — **Horn**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 6, Übungen, 4, II, 2, Übungen, 1. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 4. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Binäre Formen mit Anwendungen auf Kurventheorie, 2; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Gay), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6, II, 1, Übungen, 2. — **Fenner**: Geodäsie, 4; Höhere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen, 2; Ausarbeitung der geodätischen Vermessungen, 2. — **Gasser**: Praktische Geometrie, 2. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik II, 6, Übungen (mit Graefe), 3; Hydrodynamik, 1. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum I (mit Toepler), 6 oder 3, II, 9; Praktikum für größere physikalische Arbeiten (mit Toepler), 20; Physikalisches Kolloquium (mit Helm und Toepler), 1 *g*. — **Toepler**: Elektromagnetische Lichttheorie, 2. — **Grübler**: Technische Mechanik I, 4, Übungen, 14 tägig, 1, III, 2. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik II, 2; Elektrotechnische Meßkunde, 3; Theorie des Wechselstromes II, 2; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 8; Elektrotechnisches Praktikum, 4; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, 20; Elektrotechnisches Kolloquium (mit Kübler), 2 *g*. — **Kübler**: Dynamomaschinen, 2; Entwerfen von Dynamos, Starkstromapparaten, elektrischen Fahrzeugen und Bahnen, Übungen, 12 und 4; Elektrische Bahnen und Fahrzeuge I, 2; Heizer- und Maschinistenkursus im Elektrizitätswerk. — **Ulbricht**: Telegraphie und Telephonie, 2 *g*. — **Fischer**: Allgemeine Maschinenlehre II, 3; Eisenbahnmaschinenwesen, 2; Skizzieren, 4. — **N. N.**: Dampfmaschinen II, 4; Dampfkessel, 3; Lokomotiven, 2; Maschinenkonstruieren (mit E. Lewicki), 10 und 5; Arbeiten im Maschinenlaboratorium A: Dampf- und Wassermaschinen mit Kolloquium (mit E. Lewicki), 6; Größere Arbeiten im Maschinenlaboratorium A (mit E. Lewicki), 24. — **Mollier**: Technische Wärmelehre, Übungen, 1; Gasmaschinen, 3; Kinematik, 3, Übungen, 3; Übungen im Maschinenlaboratorium B, 6; Größere Arbeiten im Maschinenlaboratorium B, 24. — **Buhle**: Maschinenelemente, 5; Maschinenkonstruieren, 10; Hebe- und Transportmaschinen, 2; Landtransportmittel I (Ausgewählte Kapitel), 2. — **E. Lewicki**: Dampfturbinen, 2; Herstellungs- und Betriebskosten von Kraftmaschinenanlagen, 1. — **Hundhausen**: Entwerfen von Werkzeugmaschinen, Übungen, 4; Maschinenfabrikation, 2; Entwerfen von Fabrikanlagen, 4. — **Scheit**: Dynamometrische Untersuchung von Getrieben, Kraftfahrzeugen, Übungen, 2; Untersuchung von Baumaterialien I, Übungen, 3; Kraftfahrzeuge (Ausgewählte Kapitel über die Konstruktion und den Betrieb), 2. —

v. Meyer: Organische Chemie, 5; Kolloquium: Freie Vorträge über wichtige Probleme der Chemie (mit v. Walther), 1 *g*; Organisch-chemisches Praktikum (mit v. Walther), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **Möhlau**: Chemie der Textilindustrie: Gewinnung der Spinnfasern und ihre Veredelung durch Bleicherei, Färberei, Zeugdruck und Appretur, 3; Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe II, 2; Praktikum für Farbenchemie, 8; Praktikum für Farbenchemie bezw. für Färbereitechnik, halbtägig, tägl. außer Sonnabend, für größere Arbeiten, ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **F. Foerster**: Elektrochemie, ihre Theorie und technische Anwendung, 2; Physikalische (theoretische) Chemie II, 3; Praktikum für Elektrochemie, 8; Praktikum für größere Arbeiten der Elektrochemie und physikalischen Chemie, ganztägig, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Lottermoser), 1 *g*. — **Bucherer**: Einführung in das allgemeine Patentwesen, 1; Eiweißkörper, Purinabkömmlinge, Enzyme und andere wichtige Verbindungen der physiologischen Chemie, 1. — **Dietz**: Chemische Technologie der Tonwaren, der Bausteine und des Mörtels, sowie des Zements, 1. — **Hempel**: Chemische Großindustrie, 2; Metallurgie, 2; Brennmaterialien, Theorie der Feuerungen, 1; Anorganisch-chemisches Praktikum: Qualitative Analyse, 12; Anorganisch-chemisches Praktikum: Quantitative Analyse, technische Titriermethoden, Gasanalyse, ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **Lottermoser**: Analytische Chemie vom Standpunkte der Ionentheorie und des Massenwirkungsgesetzes, 1. — **Müller**: Allgemeine mechanische Technologie II, 3; Technologisches Praktikum für die Faserstofftechnik, 20; Weberei, 3. — **Renk**: Nahrungsmittelchemie, 2; Wohnungshygiene, 1; Übungen im

Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, ganztägig, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **v. Walther**: Wichtige Einzelkapitel der organischen Chemie, 2. —

Helm: Höhere Mathematik IV, 3, Übungen (mit Naetsch), 14 tägig, 1; Potentialtheorie, 2; Analytische Mechanik, 2, Übungen, 14 tägig, 1; Wahrscheinlichkeitslehre, 1; Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Physik, 14 tägig, 1. — **Krause**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 2; Höhere Mathematik, 2; Höhere Algebra, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Naetsch**: Elementare Algebra und Analysis, 2; Einleitung in die Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 2. — **Disteli**: Darstellende Geometrie II, 3, Übungen, 4; Analytische Geometrie der Flächen II. Grades, 3. — **Pattenhausen**: Geodäsie I, 2, Übungen, 2, II, 3, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2, Übungen, 2; Geodätische Ausarbeitungen, 2; Graphische Ausarbeitungen, 4; Geodätische Rechenübungen, 2; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Katastervermessung I, Übungen, 2; Planzeichnen I, 2. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik: Mechanik, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, 40; Übungen in Experimentalvorträgen, 1 *g*. — **Reiger**: Theoretische Physik I: Mechanik, Elastizität, Hydrodynamik, Akustik, 4, Übungen, 1 *g*. —

Fischer: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium (mit Busch) a) Analytisch-chemische Übungen, 20, b) Vollpraktikum, 40; Praktikum für Mediziner, 4. — **Paal**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 3; Die Grundlagen der Nahrungsmittelchemie, 2; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Pharmazeutisch-chemisches Halbpraktikum I, 16, II, 20; Physiologisch-chemisches Praktikum: Harnanalyse usw., 3; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungs- und Genußmittel, ganz- und halbtägig, tägl. — **Busch**: Qualitative und quantitative chemische Analyse I: Metalle, 2; Chemie der Benzolderivate, 2; Kolloquium über neuere chemische Literatur (mit Gutbier und Jordis), 1 *g*. — **Henrich**: Analytische Methoden der organischen Chemie, 1; Darstellung organischer Präparate auf elektrochemischem Wege; Anleitung zur Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. *g*. — **Gutbier**: Chemisches Seminar, 2; Grundlagen der physikalischen Chemie, 1; Gasanalyse mit Übungen, 2. — **Jordis**: Physikalische Chemie II: Chemische Statik und Dynamik, 1; Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie: Kolloide, 1; Elektrochemisches Praktikum, für Anfänger, 3, für Fortgeschrittene, 5, 20, 40; Chemisches Seminar, 2. — **Schulze**: Synthetische Arzneimittel, 1. —

Gordan: Differentialrechnung, 4; Invarianten, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar, 3 *g*. — **Noether**: Analytische Geometrie I, 4; Funktionentheorie, 4; Geometrische und analytische Übungen (mit Hilb), *g*. —

Universität Freiburg i. Br.

Himstedt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Königsberger), 15; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Königsberger**: Elemente der partiellen Differentialgleichungen und ihre physikalischen Anwendungen mit Übungen, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Besprechung theoretischer Untersuchungen, 1 *g*; Optische, elektrische und magnetische Erscheinungen in der Geophysik, mit Experimenten, 1. — **G. Meyer**: Elektrochemie, 3; Photographie (mit Trautz), 1, Übungen; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 1 Vormittag; Elektrometallurgisches Praktikum (mit Trautz); Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten. — **Reinganum**: Kinetische Theorie der Gase und Flüssigkeiten, 2, Ergänzungen, 1 *g*. —

Gattermann: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Willgerodt**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Anorganische Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Gewerbskunde, 2. — **Edinger**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2. — **Fromm**: Chemie der Teerfarbstoffe, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2 und 1. — **Meigen**: Quantitative Analyse, 2; Übungen im Bestimmen von Mineralien auf chemischem Wege, 2. — **Riesenfeld**: Qualitative Analyse, mit Berücksichtigung der Spektral- und Mikro-Analyse, 3; Elektrochemische Übungen: Elektropräparate, Elektroanalyse, 2; Physikalisch-chemische Behandlung der wichtigsten technischen Reaktionen, 1. — **Trautz**: Allgemeine und theoretische Chemie III: Chemische Reaktionsgeschwindigkeit und Gleichgewichte, 3. —

Lüroth: Analytische Geometrie der Ebene und Differentialrechnung, 5; Variationsrechnung, 3; Lektüre von Gauß' vier Beweisen für die Wurzelexistenz, 1 *g*. — **Stickelberger**: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1; Höhere ebene Kurven, 3. — **Loewy**: Die technischen Grundlagen des Versicherungswesens, 4, Übungen; Besprechung algebraischer Fragen; Algebraische Analysis, 4. — **Weingarten**: Theorie der Deformation der krummen Oberflächen, 2 *g*. — **Seith**: Projektive Geometrie, 2. —

Universität Gießen.

König: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Praktikum, 6 und 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Übungen zur theoretischen Physik, 1; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Fromme**: Geometrische und physikalische Optik, 4; Mathematische Geographie und Elemente der Astronomie, $1^1/_2$. — **Schmidt**: Einführung in die theoretische Physik, 2. —

Naumann: Anorganische Experimentalchemie, $5^1/_4$; Physikalische Chemie, Ausgewählte Abschnitte mit Anwendungen auf technische Chemie und Übungen in Berechnungen II, $1^3/_4$; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Untersuchung von Nahrungsmitteln und technischen Erzeugnissen (mit Moeser), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Moeser**: Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2; Pharmazeutisch-chemische Präparate II, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl.; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Landwirte, tägl. außer Sonnabend; Chemische Übungen für Mediziner (mit Brand), 5; Chemisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*; Organische Experimentalchemie, $4^1/_2$. — **Brand**: Farbstoffe der Indol- und Anthracenreihe, 1; Chemische Technologie des Zuckers und der Gärungsgewerbe, 1; Elektrochemie, allgemeiner Teil, 1. — **Thomae**: Kolloidchemie, 1. —

Pasch: Funktionentheorie; Übungen des mathematischen Seminars, 1. — **Netto**: Differential- und Integralrechnung, 4; Differentialgeometrie, 2; Determinanten, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 1. — **Graßmann**: Synthetische Geometrie, 3; Darstellende Geometrie II, mit Übungen, 5. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität und Wärme, 3; Ausgewählte Probleme der Mechanik, 1 *g*; Physikalische Übungen (mit Voigt, Simon, Bestelmeyer, Gerdien, Krüger), 8; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend. — **Voigt**: Mechanik, 4; Kristallphysik, 4 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend. — **Wiechert**: Vermessungswesen II: Rechnungsmethoden, Höhere Geodäsie, Nautik, mit praktischen Übungen, 4; Thermodynamik, 4; Polarlicht, 1 *g*; Geophysikalisches Praktikum, *g*. — **Simon**: Wechselstromtheorie und Technik, 2; Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1 *g*; Einführung in die Elektrotechnik, mit Demonstrationen, 1; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Elektrotechnisches Kolloquium, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität, tägl. — **Prandtl**: Hydrodynamik und Aerodynamik, 3; Praktikum im Maschinenlaboratorium, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Mechanik und Wärmelehre, tägl. außer Sonnabend. — **Abraham**: Beurlaubt. — **Bestelmeyer**: Elektrizität und Materie, mit Demonstrationen, 1, Mathematische Ergänzungen, 1. — **Krüger**: Einführung in

die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften: Differential- und Integralrechnung, 3, Übungen, 1; Magnetismus, 2; Übungen in der Selbstanfertigung und Handhabung von Demonstrationsapparaten, 2. — **Gerdien**: Die Elektrizität in Gasen, mit Experimenten, 2. — **Levin**: Thermodynamische Behandlung chemischer Prozesse, 1. —

Wallach: Allgemeine Chemie I: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemische Übungen und wissenschaftliche Arbeiten (mit Polstorff, Kötz und Borsche), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Kolloquium für Fortgeschrittenere, 1 *g*. — **Tammann**: Praktikum der anorganischen Chemie für Vorgeschrittene, 20; Die Lehre vom Gleichgewicht heterogener Systeme, 2; Kolloquium über neuere Arbeiten auf den Gebieten der physikalischen und angewandten Chemie, 1 *g*. — **Tollens**: Technische Chemie für Landwirte: Zuckerfabrikation, Gärungsindustrien, Phosphat-, Stickstoff- und Kalipräparate, 3; Praktische Übungen und wissenschaftliche Untersuchungen im agrikulturchemischen Laboratorium (mit Reclaire), tägl. außer Sonnabend. — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie (organischer Teil), 4; Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Chemisches Kolloquium für Pharmazeuten, 2 *g*. — **Fischer**: Die chemische Industrie Deutschlands, 1; Kolonien, *g*. — **Kötz**: Aufbau und Abbau organischer Verbindungen, 1; Der kolloidale Zustand der Stoffe, 1; Seminaristische Übungen in Chemie, 1 *g*; Repetitorium der Chemie, 1. — **Coehn**: Physikalische Chemie: Molekulartheorie, Verwandtschaftslehre, 3; Physiko-chemische Arbeiten und Übungen, ganz- und halbtägig; Elektroanalytische und elektropräparative Übungen, 3. — v. **Braun**: Konstitutionsbestimmung organischer Verbindungen I: Chemische Methoden, 2; Chemische Tagesfragen, 1 *g*. — **Borsche**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen und Pflanzenalkaloide, 2. — **Ruer**: Die komplexen Verbindungen der anorganischen Chemie und die neueren Anschauungen über ihre Konstitution, 1. —

Klein: Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus, 4; Seminar über Hydrodynamik und Aerodynamik (mit Runge, Wiechert und Prandtl), 2 *g*. — **Hilbert**: Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 4; Einführung in die Theorie der Funktionen unendlich vieler Variabler (Integralgleichungen), 2; Seminar über partielle Differentialgleichungen der Physik (mit Minkowski), 2 *g*. — **Schwarzschild**: Astrophysik, 3; Astronomisches Seminar, 2 *g*. — **Minkowski**: Funktionentheorie, 4; Ausgewählte Kapitel der Zahlentheorie: Algebraische Zahlkörper, großer Fermatscher Satz, 2. — **Runge**: Graphische Methoden insbesondere graphische Statik, 4, Übungen, 2. — **Ambronn**: Sphärische Astronomie, 3; Astronomische Übungen für Anfänger, 4—5; Selbständige Beobachtungen an den Instrumenten der Sternwarte für Vorgeschrittene, tägl. — **Zermelo**: Die mathematischen Grundlagen der Logik, 2. — **Herglotz**: Algebra, 4. — **Carathéodory**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1. — **Koebe**: Flächen 2. Grades mit Übungen, 2; Konforme Abbildung, 2. —

Universität Graz.

Pfaundler: Experimentalphysik, 5; Physikalische Übungen I, 6; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Benndorf), tägl. außer Sonnabend, *g*. — **Waßmuth**: Über Elektrizität und Magnetismus, 4; Über statistische Mechanik, 1; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 3 *g*. — **Benndorf**: Ausgewählte Kapitel der Geophysik, 2; Physikalische Übungen II, 8; Übungen im physikalischen Rechnen, 2. — **Streintz**: Thermodynamik und ihre Anwendung auf Probleme der Chemie, 2. —

Schrötter: Pharmazeutische Chemie, 4; Chemie der Methanderivate II, 2. — **Scholl**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4, für Vorgeschrittene, tägl. — v. **Hemmelmayr**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, 1. — **Kremann**: Ausgewählte Kapitel der angewandten physikalischen Chemie I: Anwendung physiko-chemischer und elektrochemischer Theorien auf technische Probleme, 1; Die theoretischen, physiko-chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 1; Ausgewählte Kapitel der modernen anorganischen Chemie, 1; Physiko-chemisches Praktikum, 3 Wochen; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der physikalischen Chemie, tägl. — **Hofmann**: Ausgewählte Kapitel aus Chemie mit Experimenten, 1. —

Dantscher v. Kollesberg: Analytische und projektivische Geometrie des Raumes, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Daublebsky v. Sterneck**: Differential- und Integralrechnung, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Streißler**: Darstellende Geometrie I: Orthog. Projektionslehre, 3. — **Hillebrand**: Theorie der Rotation der Himmelskörper, 3; Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichsrechnung: Methode der kleinsten Quadrate, 2. —

Technische Hochschule Graz.

v. **Ettingshausen**: Physik, 5; Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Übungen, 8; Physik für Geodäten, 5. — **Streintz**: Physik für Geodäten, 4. — **Bartl**: Theoretische Maschinenlehre I, 2, IIa, $2^1/_2$, IIb, 2. — **Iberer**: Allgemeine Maschinenkunde I, 4; Technisches Zeichnen, 4. — **Bendl**: Maschinenbau Ia, 3, Übungen, 10, Ib, 3, Übungen, $10^1/_2$, IIb, 4, Übungen, 15. — **Sanzin**: Ausgewählte Kapitel aus dem Eisenbahn-Maschinenwesen, 2. —

Emich: Anorganische Chemie, 7; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse, 2; Laboratoriums-Unterricht und Übungen, 14; Chemische Technologie der organischen Stoffe, 4; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der Darstellung organisch-chemischer Präparate, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe, 20. — **Benj. Reinitzer**: Quantitative chemische Analyse, 1, Seminar, 2; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der quantitativen chemischen Gewichtsanalyse, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 4; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der anorganisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe. — v. **Hemmelmayr**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. —

Hocevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik I, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 4, Übungen, 2. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 5, Übungen, 6, Seminarübungen, 2; Projektive Geometrie I, 2, Übungen, 1, II, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik I, 4, Übungen, 1; Enzyklopädie der Mechanik, 4; Technische Mechanik I, 4. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie I, 4; Höhere Geodäsie, 4; Praktische Meßübungen: a) Niedere Geodäsie, b) Höhere Geodäsie; Situationszeichnen, 4 und 2. —

Universität Greifswald.

Mie: Experimentalphysik II: Wärme, Elektrizität, 4, Elementar-mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Besprechung neuerer physikalischer Arbeiten (mit Stark), 2 *g*. — **Holtz**: Mechanik mit Experimenten, 1; Physik der Gestirne, 1 *g*. — **Stark**: Theoretische Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, 2. — **Schreber**: Maße und Messen, 2. —

Auwers: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum (mit Scholtz), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 5 *g*. — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g*. — **Roth**: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, $7^1/_2$; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Posner**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2. — **Strecker**: Qualitative Analyse, 2; Spezielle anorganische Chemie I: Metalloide, 2; Chemisches Kolloquium, 2. — **Anselmino**: Geschichte der Chemie II, 1; Qualitative Prüfungsmethoden des Arzneibuchs, 1; Neue Arzneimittel und die Beziehungen zwischen ihrer Konstitution und Wirkung, 1; Übungen im Demonstrieren chemischer Experimente. —

Thomé: Mechanik II, 4; Algebraische Flächen und Raumkurven, 2 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Engel**: Differentialgeometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der Transformationsgruppen, 4; Theorie der partiellen Differentialgleichungen I. Ordnung (Fortsetzung), 2 *g*, Übungen, $1^1/_2$. — **Vahlen**: Algebra, 4; Übungen zur Algebra und Determinantentheorie, 1 *g*; Darstellende Geometrie, *g*. —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Arbeiten von Geübten, tägl.; Undulationstheorie des Lichtes, 2 *g*. — **Schmidt**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Das Gesetz von der Konstanz der Energie, 1 *g*. — **Berndt**: Mathematische Ergänzungen zum physikalischen Praktikum, 1; Übungen im Demonstrieren physikalischer Apparate, 2. —

Volhard: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Vorländer), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Über Justus von Liebigs Leben und Wirken, 1 *g*. — **Vorländer**: Stöchiometrie, 1; Mikrochemische Untersuchungen, 1 *g*. — **Baumert**: Nahrungsmittelchemie, 2, Übungen, tägl. außer Sonnabend. — **Erdmann**: Technische Chemie I, unter Berücksichtigung der chemischen Industrie der Provinz Sachsen und des Herzogtums Anhalt, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Praktischer Kursus in der Gasanalyse, technischen Analyse und in der Elektrochemie, 4. — **Tubandt**: Grundzüge der physikalischen Chemie, 2. —

Cantor: Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Ausgewählte Kapitel der analytischen Mechanik, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Wangerin**: Theorie des Potentials und der Kugelfunktionen, 4; Integralrechnung, mit Übungen, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Gutzmer**: Variationsrechnung, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*; Axonometrie und Perspektive, mit Übungen, 14tägig, 2 *g*. — **Eberhard**: Numerische Gleichungen und iterierte Funktionen, 2; Zahlentheorie II, 2; Mathematisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Buchholz**: Mechanische Quadratur, 1; Sphärische Astronomie und Theorie der astronomischen Instrumente, 1; Anwendung der Variationsrechnung auf Himmelsmechanik: Theorie der Variation der Konstanten nach Lagrange und Jacobi, 1. —

Technische Hochschule Hannover.

Precht: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Schall, strahlende Energie, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik, 4. — **N. N.**: Grundzüge der Physik, 3; Praktische Physik, 2; Photographie, 4. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium (mit Beckmann, Meyer und Riddervold) I, 8, II, III, 8; Elektrotechnisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Heim**: Elektrische Anlagen I (mit Grabe), 3, Übungen, 2; Entwerfen von Dynamomaschinen und Transformatoren (mit Grabe), 2, Übungen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **N. N.**: Grundzüge der technischen Elektrolyse, 2; Elektrolytische Übungen, 4. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger II, 1; Elektrotechnische Meßkunde I2, 2; Die Wickelungen der Wechselstrom-Maschinen, 1 *g*. — **Meyer**: Elektrotechnische Vektorentheorie mit Anwendung auf Maschinen und Apparate, 1 *g*. — **Fischer**: Allgemeine mechanische Technologie (mit Walther), 4; Spezielle Technologie I, einschließlich Werkzeugmaschinenkunde (mit Walther), 4, Übungen, 2. — **Riehn**: Bau und Theorie der Kraftmaschinen (mit Engelbrecht, Cramer und Breuer), 6, Übungen, 8; Übungen im Entwerfen von Kraft- und Hebemaschinen (mit Engelbrecht und Cramer), 4; Schiffbau, 3, Übungen, 4. — **Frank**: Maschinenorgane (mit Ryssel und Ahlf), 5, Übungen, 7; Eisenbahnmaschinenbau (mit Ryssel und Ahlf), 3, Übungen, 3. — **Frese**: Maschinen-Ingenieur-Laboratorium (mit Aschof, Wilke, Kropp und Havliza) I, 1, Übungen, 4, II, 1, Übungen, 4; Theoretische Maschinenlehre (mit Wilke), 4. — **Troske**: Grundzüge des Maschinenbaues (mit Fink und Regula), 3, Übungen, 4; Regulatoren der Kraftmaschinen (mit Fink), 2; Fabrikanlagen und Eisenbahn-Werkstätten (mit Fink), 2. — **Klein**: Allgemeine Maschinenlehre I (mit Keidel), 4; Grundzüge der Maschinenlehre (mit Keidel), 3; Hebezeuge und Pumpen (mit Regula und Keidel), 2. — **Weber**: Mechanik I (mit Bock), 3, Übung, 1, II, 4, Übung, 1; Statik der Baukonstruktionen. Elastizitäts- und Festigkeitslehre (mit Bock), 3, Seminar-Übung, 1. — **Nachtweh**: Maschinenzeichnen (mit Willkomm, Regula und Wilke), 4; Bautechnologie, 3; Spezielle Technologie II (mit Willkomm), 2; Fabrikationszweige der Faserstoff-Industrie (mit Willkomm), 3; Technologisches Praktikum (mit Willkomm), 3; Ausgewählte Kapitel des landwirtschaftlichen Maschinenbaues, 2. — **Aschof**: Heizung, Lüftung und Beleuchtung geschlossener Räume, 3. —

Seubert: Anorganische Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Hochhut und Lambrecht), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 2. — **Behrend**: Organische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Kießling), tägl. außer Sonnabend — **Jänecke**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **Ost**: Grundzüge der chemischen Technologie, 3; Chemische Technologie I, 4, Übungen, 2; Übungen in der Elektroanalyse (mit Schliemann), 6; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Schliemann), tägl. außer Sonnabend. — **Laves**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, 2. —

Kiepert: Höhere Mathematik I, 8, Übungen, 2, Repetition, 1; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: a) Variationsrechnung, 1, b) Geometrie der Lage, 2. — **Stäckel**: Höhere Mathematik I B, 4, Übungen, 2; Anwendungen der höheren Mathematik, 1. — **Wieghardt**: Grundzüge der höheren Mathematik, 3, Übung, 1; Ausgewählte Kapitel der Elastizitätslehre, 1; Über die für die technische Mechanik wichtigen Differentialgleichungen, 2. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Richter), 3, Übungen, 6, II, 3, Übungen, 6. — **Petzold**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3; Übungen in der Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 1. — **Oertel**: Geodäsie (mit Petzold) I, 4, Übungen, 2, II, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Heidelberg.

Lenard: Experimentalphysik: Allgemeine Physik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Praktikum, 4; Übungen und wissenschaftliche Untersuchungen Fortgeschrittenerer, tägl. außer Sonnabend. — **Pockels**: Optik, 3, Übungen, 1 *g*; Kinetische Gastheorie, 1; Über die Gesetze der Strahlung, 1. —

Curtius: Allgemeine Experimentalchemie I: anorganischer Teil, 6; Praktische Übungen und Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Untersuchungen, (mit Knoevenagel, Bredig und Franzen), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 20. — **Brühl**: Organische Chemie, 6; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. — **Jannasch**: Gewichtsanalyse, 2; Chemische Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Gasanalytisches Praktikum, 3; Analytisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 8. — **Knoevenagel**: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemie und Technologie der Teerfarbstoffe, 2. — **Bredig**: Einführung in die physikalische Chemie und ihre Meßmethoden, 3; Chemische Phasenlehre und ihre Anwendungen in den Wissenschaften und in der Technik, 3; Theoretische Übungen in physikalischer Chemie für Anfänger und Vorgeschrittene. — **Krafft**: Organische Chemie, 3; Praktisch-chemische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Anfänger, halbtägig; Ferienkurse: Chemisches Praktikum, 4 Wochen. — **Dittrich**: Chemie der selteneren Elemente, 1; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Ferienpraktika: Chemisches Praktikum für Vorgeschrittenere, sowie für Anfänger und Nichtchemiker. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie II: Organischer Teil, 3; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2. — **Klages**: Heterozyklische Verbindungen, 1; Kolloquium über organische Chemie, 2. — **Mohr**: Pyridinderivate und Alkaloide, 1. — **Darapsky**: Geschichte der Chemie, 2. — **Franzen**: Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1. — **Ebler**: Spektralanalyse, 1. —

Koenigsberger: Analytische Mechanik, 4; Ausgewählte Kapitel der Integralrechnung: Variationsrechnung, Differentialgleichungen, 2; Elliptische Funktionen (Fortsetzung der Funktionentheorie), 2; Übungen des mathematischen Unter- und Oberseminars, 2 *g*. — **Valentiner**: Theorie der Bahnbestimmung II, 3. — **Wolf**: Theorie und Geschichte der Spektralanalyse, 2 *g*. — **Cantor**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Politische Arithmetik, 2. — **Koehler**: Analytische Geometrie des Raumes, 4. — **Boehm**: Ebene und sphärische Trigonometrie und verwandte Zweige der Elementarmathematik, 4; Übungen zur analytischen Mechanik, 2. — **Bopp**: Ausgewählte Kapitel aus der Geschichte

der Mathematik, 1; Lektüre einer klassischen mathematischen Arbeit, 1. —

Universität Innsbruck.

Tumlirz: Theoretische Optik, 5, Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g.* — **Czermak**: Praktische Übungen im Laboratorium für Anfänger, 6, für Vorgeschrittene, tägl. *g.* — **Mache**: Experimentalphysik: Mechanik, Wärmelehre, Elektrostatik, 5, Übungen, 2 *g*; Physikalisches Konversatorium (Besprechung neuerer physikalischer Literatur), 1 *g*. — **Tollinger**: Physik des Bodens, 2. — **Hammerl**: Elektrotechnik I: Über elektrische Maße, Elektrolyse, Akkumulatoren- und Gleichstrommaschinen, 2. — **Trabert**: Einleitung in die Meteorologie, 2; Wettervorhersage, 2; Ebbe und Flut, Wasser- und Luftwogen, Seiches, Erdbebenwellen (mathematisch), 1. —

Brunner: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Hopfgartner**: Grundzüge der Elektrochemie, 2; Die theoretischen Grundlagen der analytischen Chemie, 1; Anleitung zur Benutzung der chemischen Literatur, 1. — **Zehenter**: Einführung in die chemische Technologie: Brennstoffe, Wasser, Schwefelsäure- und Soda-Industrie, 2. —

Gmeiner: Analytische Geometrie der Ebene, 3; Variationsrechnung, 2; Übungen im mathematischen Seminare, 2 *g*. — **Menger**: Darstellende Geometrie, 4. — **Zindler**: Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, 6; Einführung in die Determinantentheorie, 1 *g*. — **v. Oppolzer**: Sphärische Astronomie, 2; Rotation der Himmelskörper, 1; Übungen in der Zeitbestimmung, 6. —

Universität Jena.

Winkelmann: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum (mit Baedeker), a) für Physiker, 6, b) für Chemiker, 4; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Straubel und Baedeker), tägl. — **Auerbach**: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, 4; Geschichte der neueren Physik, zugleich als Übersicht über die Erscheinungen und Gesetze, 1½; Das naturwissenschaftliche Weltbild, 1. — **Straubel**: Meteorologische Optik, 1 *g*. — **Ambronn**: Einleitung in die Theorie des Mikroskops, 2; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2. — **Rau**: Technische Mechanik: Graphostatik, 3, Übungen, 3; Technische Thermodynamik, 3, Demonstrationen und Übungen, *g*. — **Reich**: Elektrotechnik II, 1; Einführung in die Technik, 1; Die Kraftmaschinen der Landwirtschaft, 1; Besprechung neuerer physikalischer Arbeiten (mit Baedeker), 2; Praktikum für Vorgeschrittene, tägl. — **Baedeker**: Elektrizitätsleitung in Gasen und Radioaktivität, 1. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff), Voll- und Halbpraktikum, tägl., für Mediziner, 6 und 3; Praktikum in der organischen Abteilung und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rabe), 40. — **Wolff**: Analytische Chemie, 3; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 3, II: Tierernährungslehre, 2; Über Moor und Moorkultur, 1; Großes und kleines chemisches Praktikum für Landwirte; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittenere, 14tägig, 2 *g*. — **Vongerichten**: Allgemeine chemische Technologie, 2; Praktikum mit besonderer Berücksichtigung technisch-chemischer Methoden, ganz- und halbtägig; Färberei- und Druckereikursus, 4; Technisch-chemisches Kolloquium, *g*. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganische Chemie, 3; Pharmazeutisch-chemischer Kursus, Halbpraktikum, 15; Theoretische und praktische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie. — **Rabe**: Über die Isomeriearten und die Entwicklung der Strukturlehre, 1; Kolloquium über neuere chemische Arbeiten, *g*. — **Gänge**: Arzneimittellehre für Studierende der Zahnheilkunde, 2; Praktische Übungen in der Anwendung optischer Instrumente zum Zweck chemischer Untersuchungen, 2. — **Marc**: Physikalische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Gleichgewichtslehre, 2; Praktische Übungen in physikalisch-chemischen Arbeiten, 2. —

Thomae: Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Haußner**: Integralrechnung mit Übungen, 5; Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 2 *g*; Algebra, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Frege**: Analytische Mechanik, 4; Begriffsschrift, 1 *g*. — **Knopf**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 3; Sphärische Astronomie, 3. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4, Ergänzende Demonstrationen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Sieveking), 6. — **Sieveking**: Einführung in die mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 1; Spektralanalyse und Optik für Chemiker, 1. — **Hausrath**: Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 2; Die physikalischen Vorgänge im Lichtbogen, 1. — **Arnold**: Dynamobau I: Allgemeiner Teil und Gleichstrommaschinen, 3, II: Synchrone und asynchrone Wechselstrommaschinen, 3; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher), 9, II, 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 2; Elektrische Messungen, 1. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Elektrische Anlagen und Leitungen, 2; Übungen im Entwerfen von elektrischen Anlagen, 2; Schwachstromtechnik, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen. — **Bragstad**: Theorie der Wechselströme, 2, Übungen, 1; Elektrische Bahnen, 2. — **Brauer**: Theoretische Maschinenlehre: Theorie der Turbinen, Mechanische Wärmetheorie, 6, Übungen, 3; Festigkeitslehre nebst Übungen und Kolloquium, 2; Mechanisches Laboratorium, 3. — **Benoit**: Hebemaschinen II, 3; Verlade- und Transportanlagen für Massengüter, 2; Entwerfen von Hebemaschinen, 6; Entwerfen von Hebemaschinen, Pumpen und Gebläsen, 6. — **Graßmann**: Dampfmaschinen und Kessel I, 3; Dampfturbinen und Gasmaschinen, 2; Entwerfen von Dampfmaschinen und Kesseln, 6. — **Keller**: Maschinenelemente, 4; Maschinenkonstruktionen: Triebwerke etc., 8 und 4; Wasserkraftanlagen, 1. — **Lindner**: Maschinenkunde, 3; Maschinenfabrikation: Formgebungsarbeiten, 2; Werkzeugmaschinen und Einrichtung der Maschinenfabriken, 2; Arbeitsmaschinen der Industrie, 2; Technisches Zeichnen für Chemiker, 2; Technologische Exkursionen. — **Bergmann**: Buchführung für technische Betriebe, 1 *g*. — **Tolle**: Maschinenzeichnen, 1, Übungen, 4; Technische Mechanik I und II, 4; Ausgewählte Kapitel des Maschinenbaus, 1. — **Grimm**: Signal- und Sicherungsanlagen, 1. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum, mit Vorträgen über die Theorie der Photographie, ferner Darstellung lichtempfindlicher Präparate, 4. — **Schultheiß**: Meteorologie: Klimatologie, 1. —

Engler: Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium, 1; Theoretische Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 Tage. — **Bunte**: Chemische Technologie I, 2, II, 2; Metallurgie, 1; Brennstoffe und industrielle Feuerungen, 1; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), 4 und 3; Gaschemische Übungen, 2; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 Tage; Übungen in der technischen Analyse für Vorgerücktere, tägl.; Technologische Exkursionen. — **Haber**: Physikalische Chemie I, 2; Elektrochemie I, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, 5 Tage; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs. — **N. N.**: Chemie der Benzolderivate I und II, 2. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung, 1, Übungen, 4. — **Kast**: Industrie des Petroleums, der Fette und Harze, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Skita**: Teerfarbstoffe und Textilindustrie, 2. — **Wöhler**: Analytische Chemie II, 2; Physikalisch-chemische Grundlagen der Analyse, 1. —

Heun: Mechanik I und II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 4; Elemente der Mechanik, 3, Übungen, 1; Elementarmechanik, 2. — **Krazer**: Höhere Mathematik II, 3; Elliptische Funktionen, 2. — **Schur**: Darstellende Geometrie I und II, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Wedekind**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Faber**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2;

Arithmetik und Algebra, 2, Übungen, 1; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 1; Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 2, Übungen, 1. — **Haid**: Praktische Geometrie, 3; Höhere Geodäsie, 3; Geodätisches Praktikum I, 2, III, 3; Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Bürgin**: Katastervermessung II: Feldreinigung, 3, Übungen, 2; Repetitorium der praktischen Geometrie, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4; Graphische Ausarbeitung der großen geodätischen Exkursion, 2. — **Stutz**: Organisation der Katastervermessung, 2, Übungen, 1. —

Universität Kiel.

Weber: Elektrodynamik, 4; Physikalische Maßeinheiten, 1 *g*; Theorie physikalischer Messungsapparate mit anschließenden Übungen, 1; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Dieterici**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 8, für Fortgeschrittene, ganztägig; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. —

Harries: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum I: Anorganische Abteilung (mit Biltz), tägl. außer Sonnabend, II: Organische Abteilung, tägl. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiet der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Biltz**: Chemie der Metalle, 3. — **Berend**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1 *g*; Repetitorium der organischen Chemie, 1. — **Stoehr**: Alkaloide, 1. — **Preuner**: Einführung in die Elektrochemie, 2. — **Mumm**: Konstitutionsfragen in der organischen Chemie, 1. —

Pochhammer: Theorie der algebraischen Kurven und Flächen, 3; Theorie der Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variable, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Über neuere Resultate auf dem Gebiete der Störungstheorie, besonders über Poincarés Arbeiten, 4; Über Interpolationsrechnung, 1 *g*. — **Heffter**: Elemente der Algebra und Determinantentheorie, 3; Differentialgeometrie, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1½ *g*. — **Kobold**: Methode der kleinsten Quadrate, 2; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, *g*. — **Landsberg**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel der Theorie des Potentiales und der partiellen Differentialgleichungen, 3. — **Weinnoldt**: Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, besonders graphische Statik, 3. — **Strömgren**: Astronomische Geographie, 1; Spezielle Störungen, 1 *g*. —

Universität Königsberg.

Volkmann: Theorie des Lichtes, 4, Ergänzungen und Erläuterungen, 1 *g*; Mathematisch-physikalisches Laboratorium: a) Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten, 6, b) Leitung großer spezieller Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Schmidt**: Elektrizität und Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3, für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Vorträge aus der Technik, 1 *g*. —

Klinger: Allgemeine und anorganische Chemie, 4; Übungen im Laboratorium (mit Blochmann), tägl. außer Sonnabend; Über elektrolytische Dissoziation und chemische Massenwirkung, 1 *g*. — **Stutzer**: Allgemeine Physiologie der Ernährung, 2; Futtermittel und deren Verwendung in der Landwirtschaft, 2; Praktische Übungen auf dem Gebiete der Chemie und Bakteriologie; Ausbildung von Nahrungsmittel-Chemikern, tägl. außer Sonnabend; Geschichte und Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, 1 *g*. — **Blochmann**: Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Titriermethoden, 1; Über die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik, 1 *g*. — **Partheil**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 5; Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, 1; Praktische Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Methoden der Arzneimittelprüfung II, 1 *g*. — **Lassar-Cohn**: Aromatische Chemie II, 1. — **Benrath**: Die geschichtliche Entwickelung einiger modernen chemischen Theorien, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4 *g*; Kolloquium über Themata aus der Geschichte der Chemie, 1 *g*. —

Meyer: Analytische Geometrie des Raumes, 3, Übungen, 1 *g*; Elliptische Funktionen, 4, Übungen, 1 *g*. — **Schoenflies**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Einführung in die darstellende Geometrie, 1, Übungen, 2. — **Battermann**: Einleitung in die Mechanik des Himmels, 2; Allgemeine Astronomie, 1 *g*. — **Saalschütz**: Einführung in die algebraische Analysis, 4—5; Algebraische Übungen, 1 *g*; Untersuchungen über die Gleichungen zwischen den Anfangsgliedern von Differenzreihen, 2 *g*. — **F. Cohn**: Sphärische Astronomie, 3; Die Figur der Erde, 1 *g*. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik II: Licht, Magnetismus, Elektrizität, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Scholl), 9, für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Einleitung in die theoretische Physik: Wellen, Strömung imponderabeler Agentien, Potential, 4, Übungen, 1 *g*; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **v. Oettingen**: Spezielle Teile der Physik, 2 *g*. — **Marx**: Kathoden-, Radium- und Röntgen-Strahlen, 1; Ionisation der Gase, 1. — **Dahms**: Thermodynamik, 2. — **Scholl**: Elektrotechnik, experimentell behandelt: Dynamomaschinen und Motoren für Gleich- und Wechselstrom, mit Demonstrationen, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 3. — **Fredenhagen**: Radioaktivität, 1. —

Beckmann: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Chemisches Praktikum, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 6; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Lockemann, Heller, Deußen und Scheiber), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl. — **Hantzsch**: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum für Analytiker (mit Guthzeit), tägl.; Chemisches Vollpraktikum (mit Stobbe, Rassow und Ley), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, tägl. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Luther, Drucker und Freundlich), tägl.; Chemisches Praktikum (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit Freundlich), 4 oder 8; Übungen in Elektroanalyse (mit Böttger), 4; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Luther, Böttger, Drucker und Freundlich), 1½ *g*. — **Stobbe**: Die heterozyklischen Verbindungen, mit besonderer Berücksichtigung der Alkaloide, 1; Mehrkernige aromatische Verbindungen (Gruppe des Diphenyls, der Polyphenylmethane, des Naphthalins, Anthracens) und die hydroaromatischen Substanzen, 1. — **Wagner**: Experimentelle Einführung in die Chemie auf physikalischer Grundlage, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Lehrer: Analyse und Schulversuche, tägl.; Didaktische Besprechungen zum chemischen Praktikum, 1 *g*; Geschichtlich-bibliographische Besprechungen, 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie: Organische Betriebe, Zellstoff, Zucker, Stärke, Gärungsgewerbe, Fette und Öle, 2; Übungen in der Anwendung der organischen Farbstoffe: Färberei und Zeugdruck, 3; Chemisch-technisches Praktikum für Geübtere, tägl. — **Luther**: Photographische Chemie, 1½. — **Ley**: Analytische Chemie, 2; Stereochemie, 1. — **Böttger**: Elektrolyse und Elektroanalyse, 1; Prinzipien der quantitativen Analyse, 1, Seminar, 1 *g*. — **Schall**: Elektrosynthese organischer Verbindungen, 1; Grundsätze des präparativen (anorganischen und organischen) Arbeitens, mit Demonstrationen, 1. — **Lockemann**: Die Chemie der Gegenwart, 2. — **Heller**: Praxis des Farbenchemikers, 2. — **Deußen**: Pharmazeutische Chemie, ihre Anwendung im Apothekenbetriebe, 1. — **Drucker**: Chemisches Gleichgewicht, 2. — **Freundlich**: Anwendung der Thermodynamik auf chemische Probleme, 1. — **Scheiber**: Die Alkaloide, 1; Valenzlehre, 1. — **Sieverts**: Repetitorium der anorganischen Chemie, mit besonderer Berücksichtigung neuerer Arten, 2. —

Neumann: Analytische Mechanik, 4. — **Bruns**: Instrumentenkunde, 4; Praktische Analysis, 2 *g*; Praktische Übungen in der Sternwarte (mit Peter), *g*. — **Mayer**: Variationsrechnung, 4. — **Hölder**: Elliptische Funktionen, 4, Übungen, 2 *g*. — **Rohn**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Darstellende Geometrie, 2, Übungen (mit Liebmann), 2 *g*. — **Peter**: Stellarastronomie, 2. — **Hausdorff**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. — **Liebmann**: Theorie und Anwendung der Determinanten, 2; Nichteuklidische Geometrie, 2. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik: Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5, Ergänzungen, 1; Physikalisches Kolloquium (mit Feußner), 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik: Licht, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Schulze**: Ausgewählte Kapitel aus der neueren Elektrizitätstheorie, 2; Repetitorium der Experimentalphysik mit elementar-mathematischen Übungen, 1. —

Zincke: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Fries), tägl.; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Fries), 3. — **Schmidt**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Über Prüfung der Arzneimittel, 1; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige chemische Arbeiten (mit Rupp). — **Fittica**: Chemische Analyse, 3; Ältere Geschichte der Chemie, 1 *g*. — **Schaum**: Physikalische Chemie I: Mathematische Einführung, 2, Mathematische Übungen, 1 *g*; Interferenz und Polarisation, mit Demonstrationen, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Technologie: Beleuchtung, Heizung usw., 1; Anleitung zu chemischen und physikochemischen Schulversuchen (mit Fries), 2. — **Rupp**: Über Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 2; Über Prüfung galenischer Präparate, 1. — **Reißert**: Chemie der Benzolverbindungen, 2. — **Haselhoff**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel I, 1 *g*; Praktische Übungen in Nahrungsmitteluntersuchungen, tägl. — **Fries**: Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Chemie, 3; Chemisches Repetitorium für Mediziner, 1; Besprechung neuerer Arbeiten, 1 *g*. —

Hensel: Zahlentheorie, 4; Elliptische Funktionen, 3; Mathematisches Proseminar, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Neumann**: Algebraische Auflösung der Gleichungen: Galois'sche Theorie, 4; Analytische Mechanik II, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **v. Dalwigk**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Darstellende Geometrie II: Zentralperspektive, 2; Graphische Statik, 2. — **Jung**: Algebraische Analysis, 3; Grundlagen der Geometrie, 1. — **Fueter**: Flächentheorie, 3; Komplexe Multiplikation, 1. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik I, 5; Praktische Übungen, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Sommerfeld**: Kinetische Gastheorie, 3; Ausgewählte Fragen der Thermodynamik, 2; Seminar über thermodynamische und thermochemische Fragen, 2 *g*. — **Graetz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 5; Über die Fortschritte der exakten Naturwissenschaften, 1. — **Donle**: Physikalische Maße und Meßmethoden, 2. — **Erk**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 4; Meteorologisches Praktikum, 12. —

v. Baeyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Hofmann, Piloty und Sand in der unorganischen, mit Dimroth und Dieckmann in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Hofmann), 4. — **Paul**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Nahrungsmittelchemie, 2; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Anorganische Präparate, 3; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließl. physikalisch-chemischer, elektrochemischer und nahrungsmittelchemischer Arbeiten, ganz- und halbtägig; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen im pharmazeutischen Institut, einschließlich der Übungen in Sterilisationsverfahren, ganz- und halbtägig. — **Hofmann**: Spezielle unorganische Experimentalchemie: Metalloide und Schwermetalle, 4; Praktikum für Gasanalyse, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum einschließlich Spektralanalyse (mit Sand), 4. — **Piloty**: Analytische Chemie I: Qualitative und quantitative Gewichtsanalyse, 3; Elektrolytisches Praktikum, ganztägig. — **Dimroth**: Benzolderivate, 4. — **Dieckmann**: Chemie der Kohlehydrate, 1 *g*. — **Sand**: Physikalische Chemie, 3. — **Wieland**: Heterozyklische Verbindungen, 1. — **Prandtl**: Anorganisch-chemische Technologie I, 2; Erläuterungen zum anorganisch-chemischen Praktikum, 2. —

Lindemann: Differentialrechnung, 5; Theorie der Abelschen Funktionen, 4; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 1½ *g*. — **v. Seeliger**: Die Grundlehren der Astronomie, 4; Astronomisches Kolloquium, *g*. — **Voß**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Analytische Mechanik I, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Pringsheim**: Elementare Theorie der unendlichen Reihen und analogen Grenzprozesse, 4; Elemente der Funktionentheorie, 5. — **Doehlemann**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 3; Neuere (synthetische) Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Die Linie und das Licht als Mittel der Raumdarstellung in der bildenden Kunst, 1. — **Brunn**: Mengenlehre, 4. — **Hartogs**: Integralrechnung und Ergänzungen zur Differentialrechnung, 6. — **Perron**: Elementare Geometrie und Trigonometrie, 3. — **Großmann**: Sphärische Astronomie II, 2, Übungen, 1. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärmelehre, Reibungs-, Berührungs-Thermoelektrizität, 6; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der Physik. — **Knoblauch**: Grundzüge der Physik: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, 3; Ausgewählte Kapitel der technischen Thermodynamik, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik. — **Fischer**: Elektrizität und Magnetismus in mathematischer Behandlung, 4. — **Emden**: Undulationstheorie des Lichtes, mit Demonstrationen, 3; Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 2. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, 6 Nachmittage. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Ventilation, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, 3; Elektrotechnik für Chemiker, 2; Beleuchtungstechnik und Konstruktion der Bogenlampen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 8; Elektrotechnisches Praktikum für Vorgeschrittene, 20—32; Elektrische Zentralanlagen und Arbeitsübertragung, 2. — **N. N.**: Elektrische Schalt- und Regulierapparate, 1; Elektrische Bahnen, 2. — **Ossanna**: Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Gleichrichtern und Transformatoren, 8 und 2; Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen I und II, 3; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4. — **N. N.**: Maschinenzeichnen, 4; Konstruktionslehre der Hebezeuge, 3; Entwerfen von Hebezeugen, 6; Konstruktionslehre der Pumpen, Gebläse und Kompressoren, 2; Allgemeine Maschinenlehre, 3. — **v. Lossow**: Konstruktionslehre der Maschinenteile I, 6; Entwerfen von Maschinenteilen I, 8 und 6; Dampfkessel und deren Feuerungen, 2. — **Camerer**: Wasserkraftmaschinen, 5; Entwerfen von Wasserkraftmaschinen, 2; Wasserkraftanlagen, Übungen, 3. — **Lynen**: Entwerfen von Dampfmaschinen, 8; Konstruktionslehre der Eisenbahnmaschinen, 4; Graphodynamik der Steuerungsgetriebe, 2. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie: Technische Thermodynamik, 2, Übungen, 1; Theoretische Maschinenlehre a und b, 3; Übungen, 2. — **v. Linde**: Theorie der Kältemaschinen, 2. — **v. Hoyer**: Mechanische Technologie, 6; Grundzüge der mechanischen Technologie, 2. —

Muthmann: Unorganische Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Lipp**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Eibner**: Geschichte der aromatischen Diazoverbindungen, 1. — **Rohde**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen mit Ausschluß der Terpene, 1, Übungen, 1. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse II, 2; Theoretische Elektrochemie, 2. — **Schultz**: Chemische Technologie I, 3; Praktikum, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, 30; Chemisch-technische Übungen, 4. — **Lintner**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlehydrate, 3; Gärungschemisches Praktikum, 30. —

v. Braunmühl: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 3; Mathematisch-historisches Seminar, 2. — **v. Dyck**: Höhere Mathematik III, 5, Übungen, 2; Funktionentheorie nach Cauchy

und Riemann, 4; Mathematisches Seminar (mit Finsterwalder und Kutta), 2. — **Finsterwalder**: Grundzüge der höheren Mathematik, 4, Übungen, 2; Kurventheorie, 3, Übungen, 1. — **Kutta**: Elementare Mathematik, 4, Übungen, 1; Trigonometrie, 3, Übungen, 1. — **Burmester**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum, 2 oder 4; Landesvermessung, 4; Katastertechnik, 3, Praktikum III, 4; Kartierungsübungen, 4. — **Bischoff**: Ausgleichungsrechnung (Praktikum), 1; Mechanisches und graphisches Rechnen, 1. — **Großmann**: Elemente der Astronomie, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik II: Graphische Statik, 3, Übungen, 2, III: Festigkeitslehre, 4. —

Universität Münster.

Heydweiller: Experimentalphysik: Optik, Magnetismus und Elektrizität, 4, Elementar-mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen, 3 und 6, für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten (mit Konen), tägl.; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Salkowski, Konen und Thiel), 1 *g*. — **Konen**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 3, Übungen, 1 *g*; Übungen in Demonstrationsversuchen und in der Anfertigung einfacher Apparate, 3. —

Salkowski: Anorganische Chemie, 5; Organische Chemie (Fortsetzung), 2 *g*; Übungen im chemischen Laboratorium und Leitung wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Kaßner und Thiel), 6. — **König**: Analytische Chemie I, 1; Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, 2 *g*; Übungen im Laboratorium der agrikultur-chemischen Versuchsstation, tägl. *g*. — **Kaßner**: Maßanalyse, 1 *g*; Organische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 4; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des deutschen Arzneibuchs (Fortsetzung), 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Anwendung des elektrischen Stromes, 1; Toxikologische, maßanalytische und pharmazeutisch-chemische Übungen, 5 Nachmittage. — **Bömer**: Analyse der Nahrungs- und Genußmittel, 2 *g*; Repetitorium der Nahrungsmittelchemie, 1 *g*. — **Thiel**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, 3; Anleitung zum chemischen Experimentieren, 4; Chemische Besprechungen für Mediziner, 1 *g*. —

Killing: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Analytische Mechanik I, 4; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Analytische Geometrie II, 4; Krümmungstheorie der Kurven und Flächen, 4; Mathematisches Oberseminar, 2 *g*. — **Dehn**: Darstellende und synthetische Geometrie mit Übungen, 5; Elementare Algebra, 2. — **Plaßmann**: Methode der kleinsten Quadrate; Sphärische Trigonometrie und sphärische Astronomie; Über den Mond (populär); Übungen im astronomischen Beobachten und Rechnen, *g*. —

Universität Prag.

Lecher: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum I, 6 und 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. *g*; Besprechung physikalischer Fragen (mit Lippich und Rothmund), 14tägig, 2 *g*. — **Lippich**: Vektoren und Vektorfelder mit Anwendung auf das elektromagnetische Feld, 4; Elementare Dioptrik, 1 *g*; Seminar, 2 *g*. — **Spitaler**: Meteorologie III: Hydrometeore, Gletscher, Eiszeit, 3; Wetterprognose, 1. — **Rothmund**: Physikalische Chemie I: Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre, 4; Radioaktivität, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*. —

Goldschmiedt: Anorganische Chemie, 5; Chemische Experimentalübungen, 2; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Übungen in sanitätspolizeilichen Untersuchungen und in der Prüfung der offizinellen chemischen Präparate, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Meyer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel II, 3; Untersuchung der Geheimmittel und Spezialitäten, 1. — **Kirpal**: Maß- und Gewichtsanalyse, 3; Technische Analyse, 1. — **Gintl**: Anleitung zu gerichtlich-chemischen Untersuchungen mit praktischen Übungen, 3. —

Pick: Elemente der Funktionentheorie, 3; Elemente der Zahlentheorie, 2; Seminar, 2 *g*. — **Grünwald**: Differential- und Integralrechnung, 4; Analytische Geometrie III, 1. — **Weinek**: Sphärische Astronomie I, 3. — **Oppenheim**: Einführung in die höhere Mathematik, 3. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Physik, 5; Physikalisches Praktikum, 3; Physik für Kulturingenieure, 3; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 4; Praktische Übungen, 3; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 1. — **Schiebel**: Allgemeine Maschinenkunde, 3; Technisches Zeichnen, 4; Maschinenbau Ia, 2, Ib, 4, Übungen, 14. — **Doerfel**: Maschinenlehre I, 2, Übungen, 6; Maschinenbau IIa, 2, Konstruktionsübungen, 6; Übungen im Maschinenbau-Laboratorium, 14tägig, 2. — **Körner**: Maschinenbau IIb, 4, Konstruktionsübungen, 8; Übungen im Maschinenlaboratorium, 14tägig, 2; Maschinenbau, ausgewählte Kapitel, 2. —

Gintl: Allgemeine Experimentalchemie: Mineralstoffe, 5; Allgemeine Experimentalchemie: Kohlenstoffverbindungen, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, 15; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, 23. — **Gintl jun.**: Analytische Chemie (qualitative), 2; Praktische Übungen, 20; Analytische Chemie (quantitative), 2; Praktische Übungen (mit Gras), 24; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Elementaranalyse organischer Verbindungen, 2, Übungen, 2; Methoden der quantitativen Mineralanalyse, 2. — **Gras**: Praktische Unterweisung in der chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsartikeln, 1, Übungen, 4. — **Storch**: Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1, Übungen, 3; Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Maßanalyse und chemische Arithmetik, 1; Physikalische Chemie III: Elektrochemie, 3, I: Chemische Statik und Dynamik, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15. —

Carda: Mathematik I, 6, Repetitorium, 2; Elemente der höheren Mathematik, 6, Repetitorium, 1; Ausgewählte Kapitel der Differential- und Integralrechnung: Elliptische Funktionen, 2. — **Grünwald**: Mathematik II: Differentialrechnung II, 5, Übungen, 3; Differentialgleichungen und deren Anwendung auf Geometrie und Mechanik, 2. — **N. N.**: Versicherungsmathematik I, einschließlich mathematische Statistik, 4, II, 4; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 5, Konstruktionsübungen, 8, 5 und 6, Übungen für Vorgeschrittene, 6; Geometrie der Lage, 3, Übungen, 4. — **Stark**: Enzyklopädie der Mechanik II, 2; Mechanik I, 6, Repetitorium, 1; Graphische Statik, 2, Konstruktionsübungen, 2; Materialienlehre, 1. — **Adamczik**: Elemente der niederen Geodäsie, 3, Übungen, 2; Praktische Geometrie I und II: Niedere Geodäsie, 4½, Übungen, 2, III: Höhere Geodäsie, 3, Übungen, 2; Technisches Zeichnen A: Plan- und Terrainzeichnen, 4; Geodätisches Rechnen, Übungen, 2. —

Universität Rostock.

N. N.: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 8 und 4, für Geübtere, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Weber), 1 *g*. — **Weber**: Einführung in die Gebiete der theoretischen Physik, 4, Übungen, 1; Vektoranalysis, 1. —

Michaelis: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen: Großes Praktikum, tägl. außer Sonnabend, Kleines Praktikum, 9, Übungen für Mediziner, 4, für Nahrungsmittelchemiker, 4; Pharmazeutische Präparatenkunde, 2 *g*. — **Stoermer**: Analytische Chemie, 4; Gerichtliche Chemie, 2; Chemie der Zuckerarten, 1. — **Kümmell**: Chemische Verwandtschaftslehre: Statik, Kinetik, Thermochemie, Photochemie, 4; Kleines physikochemisches Praktikum, 4; Physikochemisches Vollpraktikum; Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Kunckell**: Repetitorium der pharmazeutischen Chemie, 3; Chemische Untersuchung der Arzneimittel, 1; Einführung in die Nahrungsmittel- und Harnanalyse, 1. —

Staude: Differential- und Integralrechnung ev. Analytische Geometrie des Raumes, 4; Elliptische Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. —

Universität Straßburg.

Braun: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 13, Übersichtskursus für

Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten (mit Cohn), 5 Tage; Physikalisches Kolloquium (mit Cohn), 2 *g*. — **Cohn**: Einleitung in die theoretische Physik, 3; Theorie des Lichts, 3. — **Hergesell**: Geophysik III: Physik der Atmosphäre, 3; Luftschiffahrt und Meteorologie, 1 *g*; Meteorologische Übgn.; Meteorologisches Kolloquium, 14tägig, 2. — **Mandelstam**: Die optischen Eigenschaften durchsichtiger Körper: Dispersion, Elektro- und Magneto-Optik, 1. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie, anorganischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Kohlschütter), tägl. außer Sonnabend. — **Rose**: Chemische Technologie der Metalloide, 3; Die Untersuchung und Reinigung des Wassers, 1 *g*. — **Kohlschütter**: Analytische Chemie, $2^1/_4$; Kolloquium über anorganische Chemie, 1; Übungen in physikalisch-chemischen Meßmethoden. — **Kreutz**: Zuckerfabrikation, Bierbrauerei und Weinbereitung, 1. — **Köhl**: Einführung in die neuere chemische Literatur, 1. — **Straus**: Die Teerfarbstoffe und ihre Anwendung in der Färberei II, mit Praktikum, $1^3/_4$. — **Staudinger**: Repetitorium der organischen Chemie unter besonderer Berücksichtigung der Chemie der aliphatischen Verbindungen, 3. — **Schär**: Pharmakognosie, 4; Pharmakognostische Demonstrationen, 1 *g*; Grundzüge der physiologischen Chemie, 2; Übungen und Untersuchungen im pharmazeutischen Institut, tägl. außer Sonnabend; Pharmakognostisch-mikroskopisches Praktikum (mit Rosenthaler) I, 3, II, 2—3; Chemisches Praktikum für Nahrungsmittelchemiker (mit Kreutz), tägl. außer Sonnabend. — **Rosenthaler**: Praktikum der Harnuntersuchung, 3; Glycoside und Gerbstoffe, 1; Vegetabilische Nahrungs- und Genußmittel. —

Reye: Analytische Geometrie des Raumes (Neuere Methoden), 3; Mathematische Theorie der Elastizität fester Körper, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*; Mathematisches Kolloquium, 14tägig, $1^1/_2$. — **Weber**: Differential- und Integralrechnung, 4; Die Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 3; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein, Timerding und Epstein), $1^1/_2$ *g*. — **Wellstein**: Determinanten und Matrizen, 3; Ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 2 *g*; Übgn des mathematischen Unterseminars, 1 *g*. — **Timerding**: Analytische Geometrie der Ebene, 3, Übungen, 1 *g*; Graphische Statik, 2, Übungen, 2 *g*; Vektoranalysis, 1. — **Epstein**: Einführung in die höhere Mathematik, 2. — **Simon**: Grundbegriffe der Mathematik und Mechanik, 2. — **Becker**: Bahnbestimmung der Planeten, Kometen u. Meteore (erste Näherung), 3; Elemente der höheren Geodäsie, 1; Astronomisches Kolloquium, 14tägig, 1 Abend *g*; Astronomische Beobachtungen an Instrumenten der Sternwarte. — **Wirtz**: Ausgewählte Kapitel aus der Astrophysik, 1. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik, 4; Theoretische Physik, 2; Übungen im physikalischen Laboratorium, tägl.; Meteorologie, 1. — **Lang**: Die bisherigen Ergebnisse der Elektronentheorie, 2. — **Veesenmeyer**: Elektrotechnik, 6; Elektrische Maschinen, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 8; Die Einrichtung und der Betrieb elektrotechnischer Fabriken, 1. — **Dietrich**: Elektrische Beleuchtung, 2; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium: Praktikum II und III (mit Herrmann), tägl. außer Sonnabend. — **Herrmann**: Telephonie und Telegraphie mit Übungen, 2; Theorie der Wechselströme, 2; Praktikum II, 3. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 2; Graphische Statik der Brückenkonstruktionen, 2, Übungen, 2. — **v. Weyrauch**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Analytische Theorie der Ingenieurkonstruktionen, 4, Übungen, 4. — **Berg**: Maschinenzeichnen, 8; Schattenkonstruktionen und Perspektive, 8; Pumpen, Übungen, 4. — **Maier**: Maschinenelemente, 6, Konstruktionsübungen, 11; Hebezeuge, 2. — **Thomann**: Fabrikanlagen I und II, 1 bezw. 2; Maschinenkonstruktionen, 10; Maschinenkunde, 4. — **Bantlin**: Dampfmaschinen, 6; Maschinenkonstruktionen, 8 bezw. 6. — **Enßlin**: Ausgewählte Kapitel aus der Elastizitätslehre, 1—2; Verbrennungsmotoren, 2. — **v. Bach**: Materialprüfungsanstalt, Übungen; Ingenieurlaboratorium, 3, Übungen, 1; Erörterungen für Maschineningenieure, 1. — **Baumann**: Untersuchung der Konstruktionsmaterialien, 2. — **Dauner**: Eisenbahnfahrzeuge, 3. —

v. Hell: Unorganische Chemie, 4; Organische Chemie, 5; Übungen im Laboratorium für reine und pharmazeutische Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Müller**: Elektrochemie, 2; Technische Chemie, 2; Übungen im Laboratorium für Elektrochemie und technische Chemie, tägl. außer Sonnabend; Analytische Chemie auf physiko-chemischer Grundlage, 1. — **Häussermann**: Chemische Technologie der Brenn- und Leuchtstoffe, 2. — **Küster**: Pharmazeutische Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Kauffmann**: Repetitorium der unorganischen Chemie, 2; Kolloquium über organische Chemie, 2; Farbenchemie, 3. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Einführung in die Stöchiometrie, 1. — **Philip**: Maßanalyse, 1. — **Rohland**: Technologie und Mörtelmaterialien, 1 *g*; Unorganische Chemie mit Berücksichtigung technischer Prozesse, 1 *g*. — **Brunner**: Photochemie mit besonderer Berücksichtigung der Photographie, 1. —

Wölffing: Elemente der Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, 4; Funktionentheorie I, 3. — **Fischer**: Trigonometrie, 2, Übungen, 2. — **Stübler**: Niedere Analysis, 4; Auflösung numerischer Gleichungen, 1; Über die mathematischen Grundlagen der Lebensversicherung, 2. — **Bretschneider**: Repetitionen in niederer Mathematik, 2. — **Reuschle**: Kurvendiskussion in Beispielen, Übungen, 1; Analytische Geometrie des Raumes, 2, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel aus der neueren analytischen Geometrie der Ebene und des Raumes einschließlich Invariantentheorie, 3; Differential- und Integralrechnung II und III, 2, Übungen, 2 und 1; Mathematisches Seminar (mit Mehmke), 1. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Analytische Mechanik, 3, Übungen, 1. — **Roth**: Schattenkonstruktionen und Beleuchtungskunde, 4. — **Heer**: Plan- und Geländezeichnen, 4; Praktische Geometrie II, Übungen, 4. — **Hammer**: Ausarbeitung der geodätischen Aufnahmen, 2; Praktische Geometrie I, 3, Übungen, 10; Abbildungen der Erdoberfläche auf die Ebene, Kartenprojektionen, 1, Übungen, 1; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik: Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Demonstrationspraktikum, 1; Physikalische Übungen für Anfänger, 4; Selbständige physikalische Untersuchungen, tägl. — **Waitz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 3, Übungen, 2; Theorie der Wärme, 1; Meteorologie und Klimatologie, 1. — **Gans**: Einführung in die theoretische Physik mit Übungen, 2. — **Happel**: Einführung in die Thermodynamik mit Übungen, 2. —

v. Hüfner: Organische Chemie, 4; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative Analyse, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Wislicenus**: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium: a) Analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow), ganz- und halbtägig, b) Chemisch-pharmazeutisches Praktikum (mit Weinland), ganz- und halbtägig, c) Präparative Arbeiten, ganztägig, d) Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, ganztägig. — **Bülow**: Analytische Chemie I, 3; Chemie der künstlich-organischen Farbstoffe, 2. — **Weinland**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 2; Quantitative Prüfung der Arzneimittel nach dem deutschen Arzneibuch: Anorganischer Teil, 1; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 1. — **Wedekind**: Theoretische und physikalische Chemie (in elementarer Form), 2; Chemie der aromatischen Verbindungen II: Heterozyklische Verbindungen, 2; Physikochemische und gasanalytische Übungen, 4. —

v. Brill: Einführung in die höhere Mathematik, 4; Theorie der algebraischen Kurven, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **v. Stahl**: Höhere Analysis II: Integralrechnung und gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Partielle Differentialgleichungen, 3; Übgn. im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Theorie der Binärformen, 2; Darstellende Geometrie, 1, Übungen, 2. —

Universität Wien.

v. Lang: Experimentalphysik I, 4, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*. — **Franz Exner**: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum, 6; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Konversatorium (mit v. Schweidler), 1 *g*. — **Lampa**: Ausgewählte Kapitel der

Optik: Kristalloptik, Dispersion, 3. — **Moser**: Experimentalphysik, insbesondere Elektrizität und Optik, 3; Einführung in die mathematische Physik, zugleich als Einleitung in die Differential- und Integralrechnung, 2; Demonstrationen und Übungen an und mit physikalischen Apparaten, 6. — **v. Schweidler**: Physikalisches Praktikum: Anleitung zur Anstellung von Schulexperimenten, 6; Experimentalphysik, 5. — **Meyer**: Elemente der theoretischen Physik: Magnetismus und Elektrizität, 3; Physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Haschek**: Physikalisches Praktikum für Vorgeschrittene, 8. — **Kohl**: Grundzüge der Thermodynamik, 2. — **Przibram**: Die elektrischen Entladungserscheinungen auf Grund der Ionentheorie, 1. — **Ehrenhaft**: Dynamik des Elektrons, 2. — **v. Lerch**: Theorie der Wärme- und Elektrizitätsleitung, 2. — **Hann**: Meteorologie, 2; Ergebnisse der erdmagnetischen Beobachtungen, 1; Klima von Österreich-Ungarn, 1. — **Felix Exner**: Theorie des Erdmagnetismus, 1. — **Hinterberger**: Photographisches Praktikum, 6wöchige Kurse; Praktischer Kurs über Mikrophotographie. —

Skraup: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, 5 Tage, für Mediziner, 4; Arbeiten im II. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl.; Chemisches Konversatorium für Vorgeschrittene, 1 *g*. — **Wegscheider**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Metalle, 5; Chemische Übungen für Anfänger, 5 Tage; Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **Lippmann**: Organische Chemie II: Chemie der aliphatischen Verbindungen, 3; Chemische Übungen für Anfänger, 5 Tage; Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **Herzig**: Chemie der Benzolderivate, 5; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Alkaloide, 1 *g*; Übungen aus pharmazeutischer Chemie, 5 Tage. — **Schacherl**: Die Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 2. — **Franke**: Reaktionen der seltenen Elemente, 2; Anleitung zur chemischen Analyse, 1 *g*. — **Pollak**: Chemische Technologie: Organische Farbstoffe und ihre Anwendungen, mit Exkursionen, 2; Grundbegriffe der analytischen Chemie, 2; Färberei-chemische Übungen, 5. — **Wenzel**: Chemische Technologie, Brennstoffe, 1. — **Billitzer**: Die elektrochemischen Verfahren der chemischen Großindustrie, 1. — **M. Kohn**: Entwicklungsgeschichte der organischen Chemie, 1. —

v. Escherich: Einleitung in die Funktionentheorie, 5; Proseminar für Mathematik, 1 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*. — **Mertens**: Algebra, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*, im Proseminar, 1 *g*. — **Wirtinger**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Mathematisches Proseminar, 1 *g*. — **G. Kohn**: Analytische Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Differentialgeometrie II, 2. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statik I, 3. — **Carda**: Unendliche Gruppen, 2. — **Plemelj**: Zahlentheorie, 3; Mathematisches Konversatorium: Besprechung neuerer mathematischer Arbeiten (mit Hahn), 3 *g*. — **Hahn**: Grundlagen der Geometrie, 2. — **Hanni**: Theoretische Arithmetik, 2. — **Schrutka v. Rechtenstamm**: Endliche diskrete Gruppen, 2. — **Weiß**: Berechnung der Sonnenfinsternisse und verwandter Erscheinungen, 4. — **Hepperger**: Sphärische Astronomie, 4; Methoden zur Berechnung der speziellen Störungen, 1. — **Schram**: Kalendariographie und Verwandlung von Daten verschiedener Zeitrechnungen, 1. — **Prey**: Mechanik des Himmels, 2. —

Technische Hochschule Wien.

Jäger: Physik, 5; Optik, 6; Geometrische und physikalische Optik, 4. — **Hasenöhrl**: Physik, 5, Übungen, 1; Kinetische Gastheorie, 1. — **Sahulka**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Reithoffer**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrische Schwingungen und Wellen, 2. — **Hochenegg**: Elektrotechnik, praktische Übungen und Untersuchungen, 4; Elektrische Arbeitsübertragung, 3; Bau und Betrieb elektrischer Anlagen, $1^1/_2$. — **Pichelmayer**: Dynamobau, 5. — **Grau**: Elektrisches Beleuchtungswesen, 1. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. — **Kobes**: Theoretische Maschinenlehre II, 3; Bau der Lasthebemaschinen, $4^1/_2$. — **Seidler**: Maschinenzeichnen, 2, Übungen, 6; Allgemeine Maschinenkunde, 3. — **Englaender**: Maschinenelemente, 6, Übungen, $10^1/_2$; Bau von Dampfkesseln, Dampfapparaten und Behältern, $4^1/_2$. — **Baudiß**: Bau der Wärmekraftmaschinen II, 4, Konstruktionsübungen, $12^1/_2$. — **Budau**: Bau der Wasserkraftmaschinen und Pumpen, 5. — **Wagner**: Schiffbau, 3. — **Totz**: Schiffsmaschinenbau, 3. — **Meter**: Feuerungstechnik, Heizung, Lüftung und sonstige gesundheitstechnische Ausbildung von Wohn-, Fabriks- und öffentlichen Gebäuden, 3. — **v. Stockert**: Eisenbahnbetriebsmittel, Lokomotivbau, 2; Eisenbahnbetrieb, 3. — **Liznar**: Meteorologie und die wichtigsten Lehren der Klimatologie, 2. —

Bamberger: Allgemeine Experimentalchemie I, 5, Übungen, 20; Enzyklopädie der technischen Chemie, 3; Praktische Übungen in der Ausführung technischer Proben, 3. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **v. Jüptner**: Theoretische und physikalische Chemie II, 2; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, 20; Technische Feuerungen, 5. — **Skrabal**: Qualitative chemische Analyse, 2. — **Böck**: Arbeitsmethoden in der organischen Chemie, 2. — **Paweck**: Theoretische Elektrochemie, 2; Technische Elektrochemie, 1. — **Abel**: Chemische Kinetik, 1; Theorie und Praxis der galvanischen Elemente mit besonderer Berücksichtigung der Akkumulatoren, 1; Einführung in die neuere chemische Literatur elektrochemischer und physikalisch-chemischer Richtung, 14tägig, 1. — **Suida**: Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 4; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Lippmann**: Chemie der Benzolderivate, 3. — **Ulzer**: Technische Analyse organischer Stoffe, 2. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Kiek**: Mechanische Technologie II, 5. — **Hauptfleisch**: Mechanische Technologie III, 5. — **Ludwik**: Mechanische Technologie, 5; Technologische Mechanik, 1. — **Erban**: Chemische Textilindustrie I—II, 2. — **v. Höhnel**: Warenkunde und technische Mikroskopie nebst Übungen, 8. — **Strache**: Beleuchtungswesen. —

Zsigmondy: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Carda**: Mathematik I, 5. — **Czuber**: Mathematik II, 5; Grundlehren der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **Reich**: Ausgewählte Kapitel aus der höheren Algebra, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 4, II, 3. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 4, konstruktives Zeichnen, 6; Schraub-, Dreh- und Schiebflächen in konstruktiver Behandlung, 4; Seminar für darstellende Geometrie, 2. — **Schmid**: Darstellende Geometrie, 4, konstruktives Zeichnen, 6; Projektive Geometrie I, 3, Konstruktionsübungen, 2. — **Adler**: Die sphärische Behandlung der Flächen und ihre Beziehungen zur darstellenden Geometrie, 1. — **Finger**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, 5; Enzyklopädie der Mechanik, 4; Analytische Mechanik, 2. — **Jung**: Mechanik der starren und flüssigen Körper, 5; Hydromechanik, 2. — **Kirsch**: Mechanik II: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 6. — **Pollack**: Elemente der niederen Geodäsie, $4^1/_2$. — **Dolezal**: Praktische Geometrie, $4^1/_2$, Übungen, 5; Größere Vermessungen, Situationszeichnen, 8; Photogrammetrie, $1^1/_2$. — **Tinter**: Höhere Geodäsie, 4; Übungen im Beobachten und Rechnen, 3; Geodätische Rechenübungen, $2^1/_2$. — **Prey**: Das geometrische und das trigonometrische Nivellement, 1. — **N. N.**: Allgemeine Mechanik, 3. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, 5; Praktische Übungen, 4 bezw. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Cantor**: Elektrizität und Magnetismus, 4. — **Harms**: Übungen in der Vorbereitung und Ausführung einfacher physikalischer Demonstrationsversuche, 4. — **Füchtbauer**: Elektronentheorie, 2. —

Medicus: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig; Kursus technisch-chemischer Analysen, 2 halbe Tage; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, halb- und ganztägig. — **Tafel**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Manchot), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Gürber), 4; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.: Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Manchot), tägl. — **Manchot**: Analytische Chemie, 3. — **Reitzenstein**: Über organische Farbstoffe, 2; Färbereipraktikum (mit Pauly), 2. — **Pauly**: Alizyklische Verbindungen einschließlich der Terpen- und Kampfergruppe, 1. —

Prym: Differentialrechnung mit Einleitung in die höhere Analysis, 4, Übungen, 2 *g*; Theorie der Fourierschen Reihen in geschichtlicher Entwicklung, 2 *g*. — **Rost**: Theorie der algebraischen Kurven, 3; Axonometrie und Perspektive, 1; Invariantentheorie, 4; Sphärische Astronomie mit praktischen Übungen auf der Sternwarte, 2; Analytische Geometrie der Ebene, 4 *g*; Elemente der Determinantentheorie, 2 *g*; Nichteuklidische Geometrie, 2; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*. — **v. Weber**: Partielle Differentialgleichungen, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 4; Ergänzungen und Übungen zur Geometrie der Kegelschnitte, 2 *g*. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Theoretische Physik: Strahlung, 1; Physikalische Übungen für Anfänger, ½ Tag; Physikalisches Vollpraktikum, tägl. — **Adler**: Einführung in die grundlegenden Begriffe und Theorien der Physik, 1; Wärmeleitung und Wärmestrahlung, 1; Einführung in die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus II, 3. —

Werner: Anorganische Experimentalchemie, 5; Organische Chemie II, 2; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere (präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten), tägl.; Elektrochemische Übungen, 2 Nachmittage; Technischchemische Übungen, 1 Nachmittag; Chemisches Halbpraktikum, halbtägig. — **Abeljanz**: Qualitative chemische Analyse, 2; Anleitung zu chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1 *g*; Anleitung zur Ausführung chemischer Experimente, 1; Chemisches Praktikum für Mediziner und Naturwissenschaftler, 3 Tage, für Anfänger und Vorgerücktere, tägl., für Sekundarlehramtskandidaten, 6; Übungen im Untersuchen von Lebensmitteln, 6 oder 12. — **Pfeiffer**: Einleitung in die physikalische Chemie, 2; Naphthene, Terpene und Kampfer, 2; Stereochemie II, 1. —

Burkhardt: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4; Analytische Mechanik II, 2; Vektoranalysis, 2; Übungen zur Integralrechnung, 14tägig, 2; Übungen für Vorgerücktere und Anleitung zu selbständigen Arbeiten, 14tägig, 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie I, mit Übungen, 4; Analytische Geometrie I, mit Übungen, 4; Mathematische Geographie, 2. — **Gubler**: Algebraische Analysis, 2; Sphärische Trigonometrie, 1; Determinanten, 1. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Theorie der Finsternisse, 2. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik, 4, Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Meßmethoden der Elektrotechnik, 4; Wechselstromsysteme und Wechselstrommotoren, 2; Elektrische Schwingungen, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, 8 und 16; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12, 24; Experimentelle Untersuchungen in Wechselstrom und an Wechselstrommotoren, 4. — **Weiß**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12, 24. — **Schweitzer**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Wechselstromtechnik in graphischer Behandlung I, 1; Stereoskopie und ihre Anwendung in der Vermessungskunde, 1 *g*.— **Wyßling**: Elektrische Zentralanlagen II, 2, Übungen und Konstruktionen, 3; Elektrische Kraftübertragung und Beleuchtung, 3, Repetitorium, 1. — **Tobler**: Elektrische Signalapparate für Eisenbahnen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Schwachstromtechnik, 1; Militärtelegraphie und -telephonie, 1. — **Schild**: Elektrotechnik für Chemiker, 2; Elektrische Leitungen, 1. — **Stodola**: Dampfmaschinenbau I: Steuerungen, Regulatoren, 4, Übungen mit Repetitorium, 2; Gasmotoren (Einleitung), 1; Dampfturbinen, 2; Maschinenkonstruieren und Entwerfen vollständiger Dampfkraftanlagen, 6; Übungen in der kalorischen Abteilung, ½ Tag. — **Farny**: Bau von Dynamomaschinen II, 2; Maschinenkonstruieren, 6; Demonstrationen in der elektrischen Abteilung, ½ Tag; Wechselstromdiagramme, 1. — **Prasil**: Hydraulische Motoren und Pumpen II, 4, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen, 12, über Fabrikanlagen, 4; Ausgewählte Kapitel über hydraulische Anlagen, 2; Übungen in der hydraulischen Abteilung, ½ Tag. — **Escher**: Mechanische Technologie II: Metallverarbeitung, 2, Repetitorium, 1, IV: Spinnerei (Fortsetzung), Weberei, 2; Papierfabrikation, 2; Technologisches Praktikum, 4. — **Fliegner**: Theoretische Maschinenlehre II: Wärmetheorie, Dampfmaschinen, 4, Übungen, 3. — **Herzog**: Mechanik II, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **Meyer**: Maschinenzeichnen, 1, Übungen, 4; Maschinenbau: Elemente, 5, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen, 10; Dampfkessel, 1. — **A. Weber**: Mechanik und Maschinenlehre, 4, Repetitorium, 1; Maschinenlehre, 2, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen, 4; Industrielle Einrichtungen und Bauten, 2, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen, 2. — **Schauffelberger**: Maschinenlehre I: Maschinenelemente und Hebezeuge, 3, Übungen und Repetitorium, 3. — **Barbieri**: Photographie I, 2; Photographisches Praktikum, 2. —

Treadwell: Analytische Chemie I, 2; Gasanalyse mit Übungen, 1; Chemie, 2, Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Berl**: Theorie chemisch-technischer Prozesse, 2 *g*. — **Boßhard**: Geschichte der Chemie bis zum Beginne des XIX. Jahrhunderts, 1. — **Constam**: Thermochemie, 1 *g*; Fossile Brennstoffe, 1 *g*. — **Grandmougin**: Heizung, 2; Bleicherei, Färberei, Farbstoffe, 4, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Hartwich**: Pharmakognosie, 5; Lebensmittelanalyse mit Übungen, 2; Technische Mikroskopierübungen I: Fasern und Stärke, ½ Tag; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Mikroskopische Untersuchung pharmazeutischer Drogen, ½ Tag; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl.; Gerichtlich-chemisches Praktikum, 4 halbe Tage. — **Kaufler**: Mehrkernige Verbindungen, 2 *g*; Beziehungen zwischen Konstitution und physikalischen Eigenschaften organischer Substanzen, 1 *g*. — **Lorenz**: Physikalische Chemie II, 2; Allgemeine Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger, ½ Tag; Elektrochemisches Praktikum für Anfänger, ½ Tag; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, tägl. — **N. N.**: Anorganische chemische Technologie, 4, Repetitorium, 1; Metallurgie, 2, Repetitorium, 1; Technischchemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Schmidlin**: Chemie der Alkaloide, 1; Anleitung zum präparativen chemischen Arbeiten, 1. — **Schulze**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 2; Landwirtschaftlichchemische Technologie: Zucker- und Spiritusfabrikation, Chemie des Molkereiwesens, 2; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 8; Agrikultur-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Willstätter**: Anorganische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16. — **Winterstein**: Anorganische Chemie, mit Repetitorium, 4; Chemie der Milch und Milchprodukte, 2; Untersuchung landwirtschaftlich wichtiger Produkte, 1. —

Großmann: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Geometrie der Lage, 4. — **Beyel**: Rechenschieber mit Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 2; Projektivische Geometrie, 2. — **Dumas**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. — **Franel**: Differentialrechnung, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Theorie der Differentialgleichungen, 4, Repetitorium, 1. — **Geiser**: Analytische Geometrie, 4, Repetitorium, 1; Elemente der Ballistik, 1. — **Hirsch**: Differentialrechnung, 4, Repetitorium, 1, Übgn., 2; Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1; Lineare Differentialgleichungen, 2. — **Hurwitz**: Zahlentheorie, 4; Mathematisches Seminar (mit Lacombe), 2. — **Keller**: Mathematik, 4; Repetition der darstellenden Geometrie: Axonometrie, Kollineation, Flächen II. Grades, Kegel-, Rotations- und Schraubenflächen, 2; Übgn. über die wichtigsten Partien der Differential- und Integralrechnung, 2. — **Kraft**: Analytische Mechanik, 3; Geometrischer Kalkül, 2; Das graphische Rechnen und die Konstruktion der ebenen Kurven höheren Grades, 1; Geschichtliche Entwicklung der Mathematik insbesondere der geometrischen Analysis und Ausdehnungslehre, 1. — **Lacombe**: Darstellende Geometrie, 2 und 4, Übungen, 4, Repetitorium, 1; Geometrie der Lage mit Übungen, 3. — **Rosenmund**: Vermessungskunde, 4, Repetitorium, 1; Erdmessung, 2; Geodätisches Praktikum, 2. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Theorie der Finsternisse, 2. —

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Emil Bose in Oliva bei Danzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.